

SISMICIDAD DE LA PENÍNSULA IBÉRICA EN LA ÉPOCA INSTRUMENTAL: 1985-2002

SEISMICITY OF THE IBERIAN PENINSULA IN THE INSTRUMENTAL PERIOD: 1985-2002

**E. Carreño, C. López, B. Bravo, P. Expósito, E. Gurría
y O. García**

Instituto Geográfico Nacional

RESUMEN

Desde el año 1985, con la mayoría de estaciones sísmicas analógicas del Instituto Geográfico Nacional, adquiriendo y transmitiendo datos en tiempo real, el conocimiento global de la sismicidad de la Península Ibérica ha venido asociado al nivel de detección de la red sísmica, con cambios significativos, tanto en instrumentación como en métodos de análisis. Hay que destacar la incorporación al cálculo hipocentral del *array* de Sonseca y el reciente establecimiento de una extensa instrumentación de banda ancha. Se presenta en este capítulo la distribución geográfica de esa sismicidad, tanto en tamaño como en profundidad.

ABSTRACT

Our knowledge of the seismicity of the Iberian Peninsula has been a function of the detection and location capabilities of our Regional Seismic Network. Real time data acquisition using short period analogue stations commenced in 1985 and the seismic network has evolved since then to incorporate improvements in instrumentation and data analysis. Recently a nationwide Broad Band Real Time Seismic Network was put into operation and data from the Sonseca Seismic Array was included in the routine location process.

In this chapter we present the geographical distribution of the regional seismicity as a function of magnitude and depth of occurrence.

Palabras clave: Sismicidad, localización, red sísmica, sistema automático, alerta, España.

INTRODUCCIÓN

Durante una ventana de tiempo de observación de los eventos sísmicos con epicentro en la Península y su entorno, tan pequeña como la comprendida entre 1985 y 2002, no podemos esperar cambios significativos en la sismicidad global. Sin embargo, teniendo presente el mapa de sismos históricos, debemos de conocer a través de su comparación con la sismicidad en la época instrumental, qué grado de aproximación tienen los hipotéticos epicentros y observar, aprovechando la mejora en la precisión, tanto la tendencia general en la sismicidad, como los eventos aislados que pueden ayudar a perfeccionar las hipótesis sobre los movimientos tectónicos de la Península Ibérica o que pueden proporcionarnos pruebas de actividad no asociada directamente a la conocida como interplacas. 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 2002

Ya en el año 1985 estaban instaladas en la Península Ibérica ocho estaciones sísmicas de adquisición analógica, 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 fue instalada 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, 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 la instalación de estaciones de iguales características hasta formar una red homogénea instrumentalmente y con una distribución geográfica que permitía la localización de eventos en todo el área Ibero-Mogrebí con unos límites de sensibilidad por magnitud que fueron aumentando a la vez que el número de estaciones. En la Tabla I se presenta una relación de todas las estaciones que en algún momento han constituido y

constituyen en muchos casos todavía, la red sísmica analógica del IGN. El primer registro analógico y posterior conversión a digital corresponde a un sismo de 7 de abril de 1986.

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).

Tabla I: Estaciones sísmicas analógicas permanentes

Ubicación	Código	Coordenadas	Instalación con telemetría	Situación (15.03.03)
Guadarrama (Madrid)	GUD	40.6430N 04.1537W	26.07.79	Activa
Santiago de Compostela (Coruña)	STS	42.8860N 08.5509W	30.03.84	Activa
Zamans (Pontevedra)	EZAM	42.1490N 08.6950W	27.12.86	Activa
A Rua (Orense)	ERUA	42.3927N 07.1425W	08.05.87	Activa
Cripán (Álava)	ECRI	42.6089N 02.5100W	15.10.86	Activa
Elizondo (Navarra)	ELIZ	43.1640N 015285W	03.12.92	Activa
Graus (Huesca)	EGRA	42.1952N 003160E	12.12.90	Activa
Chera (Valencia)	ECHE	39.5908N 009677W	25.11.86	Activa
Selva (Mallorca)	ESEL	39.7682N 028943E	07.07.88	Activa
Vianos (Albacete)	EVIA	38.6386N 025025W	26.11.85	Activa
Baños (Jaén)	EBAN	38.1710N 037900W	17.11.86	Activa
Hornachuelos (Córdoba)	EHOR	37.8232N 052480W	29.05.85	Activa
Huescar (Granada)	EHUE	37.8148N 025927W	13.11.90	Activa
Luque (Córdoba)	ELUQ	37.5605N 042668W	22.01.92	Activa
Canalobre (Alicante)	ACU	38.5113N 00.4107W	25.03.85	Baja (24.07.01)
Cogollos (Granada)	ECOG	37.2772N 03.5663W	13.06.90	Activa
Agrón (Granada)	ERON	37.0180N 038050W	01.03.94	Activa
Níjar (Almería)	ENIJ	36.9715N 022070W	26.04.85	Activa
Loja (Granada)	ELOJ	37.1480N 041530W	26.11.93	Activa
Lijar (Sevilla)	ELIJ	36.9190N 053790W	28.11.96	Activa
Jimena (Cádiz) I	EJIM	36.4358N 05.4542W	28.03.85	Baja
Jimena (Cádiz) II	EJIF	36.4513N 05.4688W	19.05.88	Activa
Hierro	CHIE	27.7270N 17.9607W	03.06.89	Activa
Las Cañadas (Tenerife)	CCAN	28.2216N 16.6050W	19.05.97	Activa
Santa Cruz de Tenerife (Tenerife)	CTFE	28.4800N 16.2620W	19.05.97	Activa
Fuerteventura	CFTV	28.4138N 14.0833W	17.07.90	Activa
Lanzarote	CLAN	29.1028N 13.4761W	30.10.95	Activa

Tabla I: (continuación)

Ubicación	Código	Coordenadas	Instalación con telemetría	Situación (15.03.03)
Alhama de Murcia (Murcia)	EALH	37.8582N 01.4197W	17.01.86	Baja (16.10.02)
Torete (Guadalajara)	ETOR	40.8195N 02.0552W	04.03.88	Baja (16.01.02)
Guájares (Granada)	EGUA	36.8337N 03.5653W	09.01.91	Baja (26.12.02)
Valverde (Huelva)	EVAL	37.5842N 06.7475W	28.03.85	Baja (16.12.02)
Terrades (Gerona)	ETER	42.3015N 02.8555E	18.03.88	Baja (16.10.02)
Plasencia (Cáceres)	EPLA	40.0642N 06.0803W	29.08.85	Baja (23.12.02)
Mondoñedo (Lugo)	EMON	43.4362N 07.3298W	20.07.88	Baja (16.01.02)
Melilla Roquetas (Tarragona)	EMEL EROQ	35.3000N 02.9567W 40.8232N 00.4088E	17.02.88 12.02.87	Baja (24.10.01) Baja (16.01.02)
Alfacar (Granada)	AFC	37.2545N 03.5450W	15.04.78	Baja (10.12.91)
Pruna (Sevilla)	EPRU	36.9660N 05.2313W	18.11.86	Baja (11.08.96)

El cese en la adquisición de datos en varias de estas estaciones analógicas se ha debido principalmente a la instalación de estaciones digitales de banda ancha próximas a ellas en combinación con la mala calidad del registro analógico, generalmente por ruido cultural o problemas de telemetría.

A partir del año 2000 se instalaron estaciones digitales de banda ancha y tres componentes, siendo en la actualidad treinta y seis las que se hallan en funcionamiento. En la Tabla II se muestra la relación de este tipo estaciones. Información sobre las características generales de las mismas se puede encontrar en la página web www.geo.ign.es

Tabla II. Estaciones sísmicas digitales de banda ancha permanentes y en tiempo real

STA	Localización	LAT	LON	Z(m)
EADA	Adamuz(Córdoba)	38.1673	- 4.5771	565
EALB	Isla de Alborán	35.9399	- 3.0343	20
EBAD	Badajoz	38.7556	- 7.0133	221
EARI	Arriendas (Asturias)	43.3012	- 5.2099	680
EBAJ	Bajamar (Tenerife- Sta. Cruz de Tenerife)	28.5399	- 16.3434	239
EBEN	Beniardá (Alicante)	38.7038	- 0.2250	764
EBER	Berja (Almería)	36.8979	- 2.8896	1690
EBIE	Bielsa (Huesca)	42.6862	0.1428	2130

Tabla II. (continuación).

STA	Localización	LAT	LON	Z(m)
ECAL	Calabor (Zamora)	41.9413	- 6.7371	950
EFAM	Famara (Lanzarote -Las Palmas)	29.1275	- 13.5295	135
EGOM	La Gomera (La Gomera- Sta Cruz de Tenerife)	28.1595	- 17.2095	787
EGRO	El Granado (Huelva)	37.5342	- 7.4831	130
EHIG	Higuera (La Palma -Sta Cruz de Tenerife)	28.5567	- 17.8062	845
EHRO	El Hierro (El Hierro- Sta Cruz de Tenerife)	27.7535	- 18.1106	135
EIBI	Isla de Ibiza	39.0269	1.3436	260
EJON	La Jonquera (Gerona)	42.4487	2.8886	570
ELOB	Lobios (Orense)	41.8674	- 8.0611	980
EMAZ	Mazaricos (A Coruña)	42.9490	- 8.9765	414
EMIN	Mina Concepción. (Huelva)	37.7675	- 6.6724	240
EMOS	Mosqueruela (Teruel)	40.3639	- 0.4721	1694
EMUR	La Murta (Murcia)	37.8422	- 1.2405	574
EOSO	Osorio (Gran Canaria - Las Palmas)	28.0718	- 15.5525	760
EPOB	Poblet (Tarragona)	41.3527	1.0786	890
EPON	Pontenova (Lugo)	43.3270	- 7.1494	440
EQES	Quesada (Jaén)	37.8028	- 3.0711	1140
ERTA	La Horta (Tarragona)	40.9567	0.3335	547
ESAC	San Caprasio (Zaragoza)	41.7219	- 0.4693	815
ESPR	Espera (Sevilla)	36.8686	- 5.8562	133
ETOB	Tobarra (Albacete)	38.6447	- 1.5478	855
ETOS	Escorca (Mallorca)	39.7678	2.8144	480
EINC	Incio (Lugo)	42.66	- 7.35	739
EMIR	El Miracle (Lérida)	41.91	1.52	841
EMLI	Melilla (Málaga)	35.50	- 2.05	0
RETOR	Torete (Guadalajara)	40.81	- 2.05	1018
EGUA	Guájares (Granada)	36.83	- 3.56	
EPLA	Plasencia (Cáceres)	40.06	- 06.08	

En la Figura 1 se muestra la ubicación de las estaciones sísmicas, tanto las digitales de banda ancha con transmisión vía satélite, como con transmisión telefónica. Igualmente se muestra la situación de las estaciones analógicas, incluyendo las que actualmente no se encuentran activas, así como la localización del *array* de Sonseca y el centro de recepción de datos.



Figura 1. Ubicación de las estaciones analógicas y digitales de banda ancha con transmisión en tiempo real, así como la situación del *array* de Sonseca y el centro de recepción de datos de la red sísmica del Instituto Geográfico Nacional.

Sensibilidad de la red analógica

En la Figura 2 se representa el nivel de detección teórico de la red en orden de magnitudes, tomado de Mezcua (1995), cuando toda la red era de adquisición analógica y corto período.

En la 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.

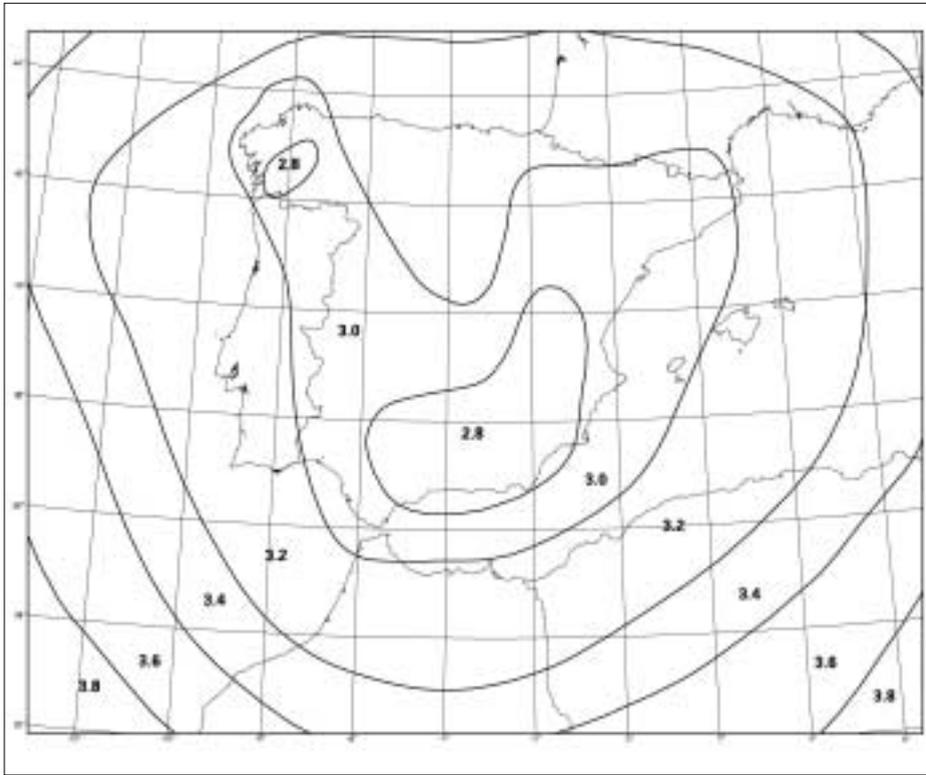


Figura 2. Nivel de sensibilidad de magnitudes de la red sísmica analógica en 1995. Las líneas engloban el mínimo nivel de magnitud detectable con seguridad en el área y cuyo valor viene indicado mediante un número. (Mezcua, 1995)

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

En la Figura 3 se ha representado el nivel de detección actual considerando las estaciones de banda ancha en tiempo real, así como las estaciones analógicas que aún se encuentran activas. Se ha obtenido a partir de valores de magnitud observados.

El incremento de detección aunque es general en todo el área, es más significativo en Andalucía y norte peninsular. Permanece, como se observa en ambas figuras, un menor nivel de detección en la zona Cantabria y Asturiana que se verá paliado en breve por la reciente entrada en cálculo de los registros de las estaciones de Lanestosa (Vizcaya) y Alkurruntz (Navarra).

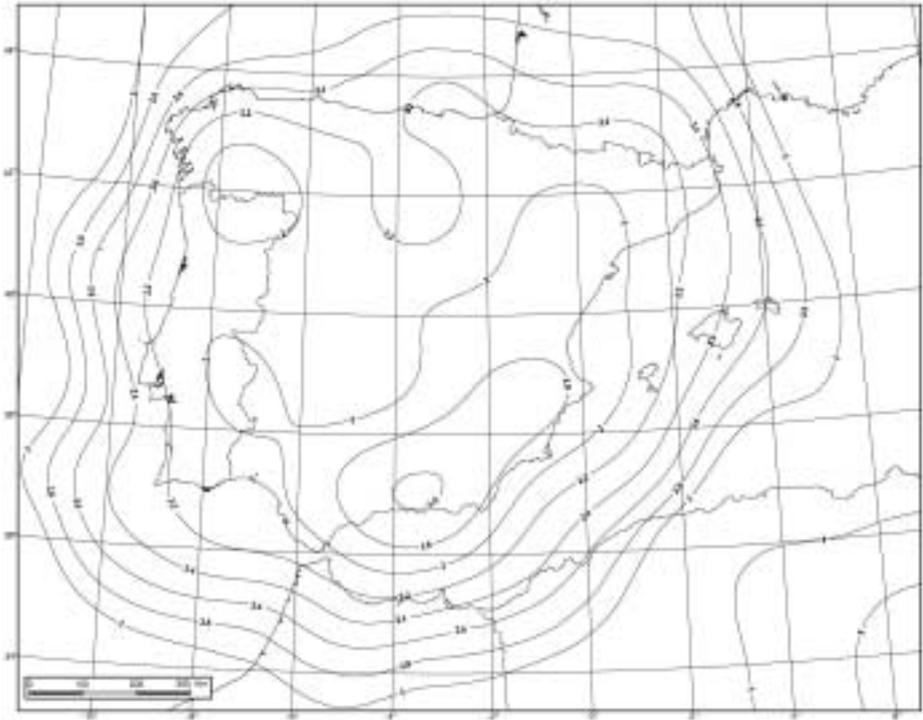


Figura 3. Nivel de sensibilidad de magnitudes de la red sísmica completa (analógica y digital) en 2002. Está obtenida a partir de valores observados. Los números indican la mínima magnitud detectada con seguridad dentro del área encerrada por la isolínea.

Modelos de velocidad utilizados en el cálculo de parámetros hipocentrales

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.

El modelo de Tierra usado en el área circundante e interior de la Península Ibérica consta de tres capas de velocidades para las ondas P y espesores siguientes:

- una primera capa de corteza superior de tipo granítico, con velocidad de onda P de 6.1 km/s y espesor de 11 km.

- dos capas intermedias de velocidades próximas a la del basalto, con velocidades de la onda P y espesores de 6.4 km/s y 13 km y 6.9 km/s y 9 km, respectivamente.

El espesor total de la corteza es de 31 km, comenzando el manto con velocidades de onda P de 8.0 km/s. A partir de 1997 se ha seguido el modelo internacional iasp 91 hasta el núcleo. Este modelo se utiliza para localizar toda la sismicidad en el área Ibero-Mogrebí.

Métodos de análisis y cálculo de parámetros hipocentrales utilizados desde 1985

En 1985 se utilizaba el programa de cálculo hipocentral HYPO71. La transmisión telefónica en tiempo real de datos del *array* de Sonseca y su integración en el cálculo se llevó a cabo mediante software de la empresa norteamericana Science Horizons en 1989. En 1991 se comenzó a realizar en paralelo el análisis con un primer sistema automático de cálculo de Buland (Buland, 1986 y 1993), adaptado a la red española por Mele del Istituto Nazionale di Geofisica (ING), de Italia. Éste estuvo operativo hasta 1996. Más detalles del procedimiento se pueden encontrar en Mezcua (1995) y Rueda (1995).

Desde el año 1997, la localización hipocentral se ha venido realizando de forma automática mediante un complejo sistema que, tras la adquisición en tiempo real de todas las señales de cada una de las estaciones sísmicas de transmisión en tiempo real, las procesa realizando controles de calidad capaces de descartar segmentos vacíos o ruidos. Busca el sistema, detecciones en diferentes bandas de frecuencia, tanto en el dominio del tiempo como en el dominio de frecuencia y número de onda, $F-K$ (para las señales del *array* de Sonseca), extrayendo para cada detección la relación señal/ruido, la amplitud y el período.

El sistema realiza posteriormente 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 y se relocaliza el hipocentro manualmente, consiguiendo de este modo mejorar la precisión de la solución.

El desarrollo del *software* del análisis es 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).

La determinación del epicentro automático se realiza por el método directo de generar en una malla bidimensional posibles localizaciones, y ver si se produce alguna secuencia real de las posibles llegadas en algún conjunto de estaciones. Permite el sistema también estima la probabilidad de detección de un posible evento (magnitud, epicentro), en cada estación, para descartar falsos eventos.

Una vez obtenido un conjunto de detecciones asociadas a un evento, se invierte mediante el método de mínimos cuadrados su solución, hasta que se alcanza un nivel de convergencia. Los datos a invertir son las lecturas en tiempo de cada fase picada (tanto primeras como segundas fases, P y S), y los valores de azimut, tanto del análisis de polarización de las estaciones de tres componentes, como las procedentes del *array* de Sonseca. También se invierten los valores de lentitud (*slowness*) para estas últimas señales.

La asignación de peso de las estaciones se realiza combinando varios errores individuales. Para cada tabla de tiempo de recorrido de cada fase, existe un modelo de error dependiente de la distancia, profundidad y fase. Este error se suma a otro proporcional a la relación señal/ruido de cada picado de fase (manual o automático). Por último, el técnico analista puede modificar ligeramente el error final, declarando la fase como impulsiva o emergente. En la Figura 4 se muestra el error con la distancia para profundidad cero para cada una de las principales fases.

En el proceso de inversión, el sistema de análisis puede aplicar correcciones por estación para la magnitud, el tiempo, el azimut y la lentitud, además de elegir la tabla de recorrido (modelo de Tierra) apropiado.

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.

SISMICIDAD DE LA PENÍNSULA IBÉRICA ENTRE 1985 Y 2002

Se ha incluido en la representación gráfica del período 1985-2002 (Figuras 5 a 8), la sismicidad registrada entre el 1 de enero y el 15 de febrero de 2003, pues si bien no se modifica sustancialmente la sismicidad en general, sí queda reflejada la serie ocurrida en ese período en la provincia de Zamora, por tratarse de sismos intraplaca y por las magnitudes alcanzadas (dos sismos de

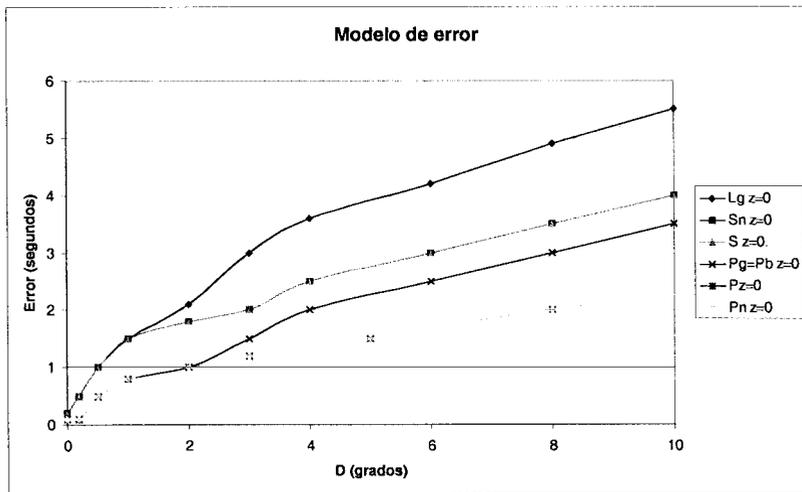


Figura 4. Modelo de error para profundidad $z = 0$ con diferentes fases y su variación dependiendo de la distancia.

magnitudes m_b 4.3 y m_b 4.4 respectivamente), cuya ocurrencia puede ser de gran interés.

En la Figura 5 se representan todos los terremotos según tres órdenes de magnitud: las magnitudes menores o iguales a 3.0, las comprendidas entre 3.0 y 4.0 y las mayores de 4.0. 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 limitada al norte por el accidente Cádiz –Alicante y al sur por 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, (Figura 9).

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.

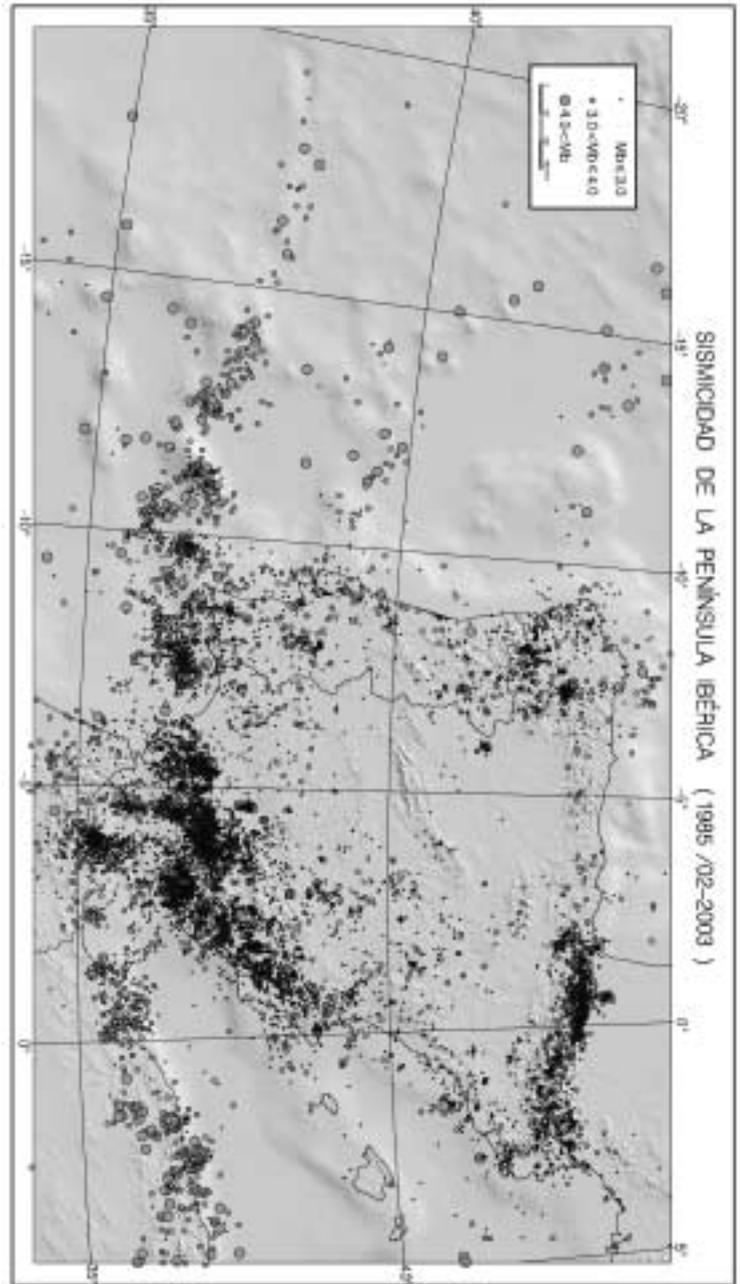


Figura 5. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes. Se han representado todos los eventos sísmicos desde 1985 hasta el día 15 de febrero de 2003.

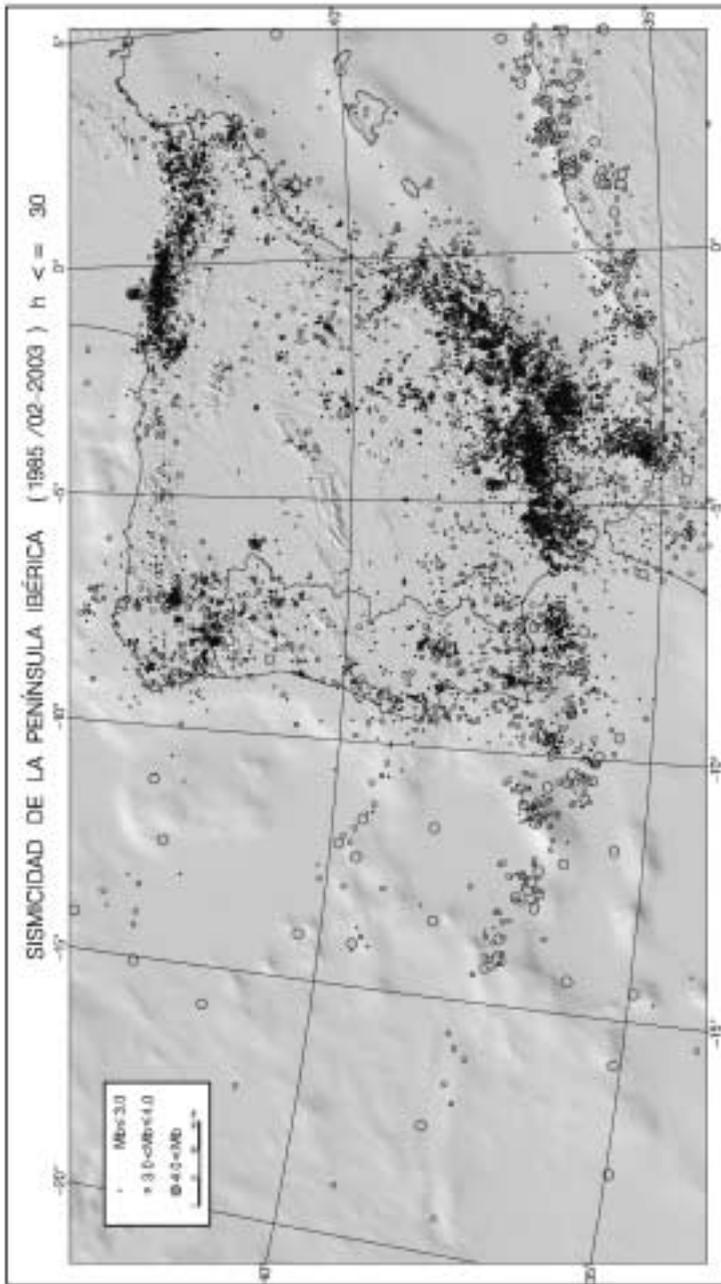


Figura 6. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes. Se han representado todos los eventos sísmicos desde 1985 hasta el día 15 de febrero de 2003 cuya profundidad hipocentral está comprendida entre 0 y 30 km.

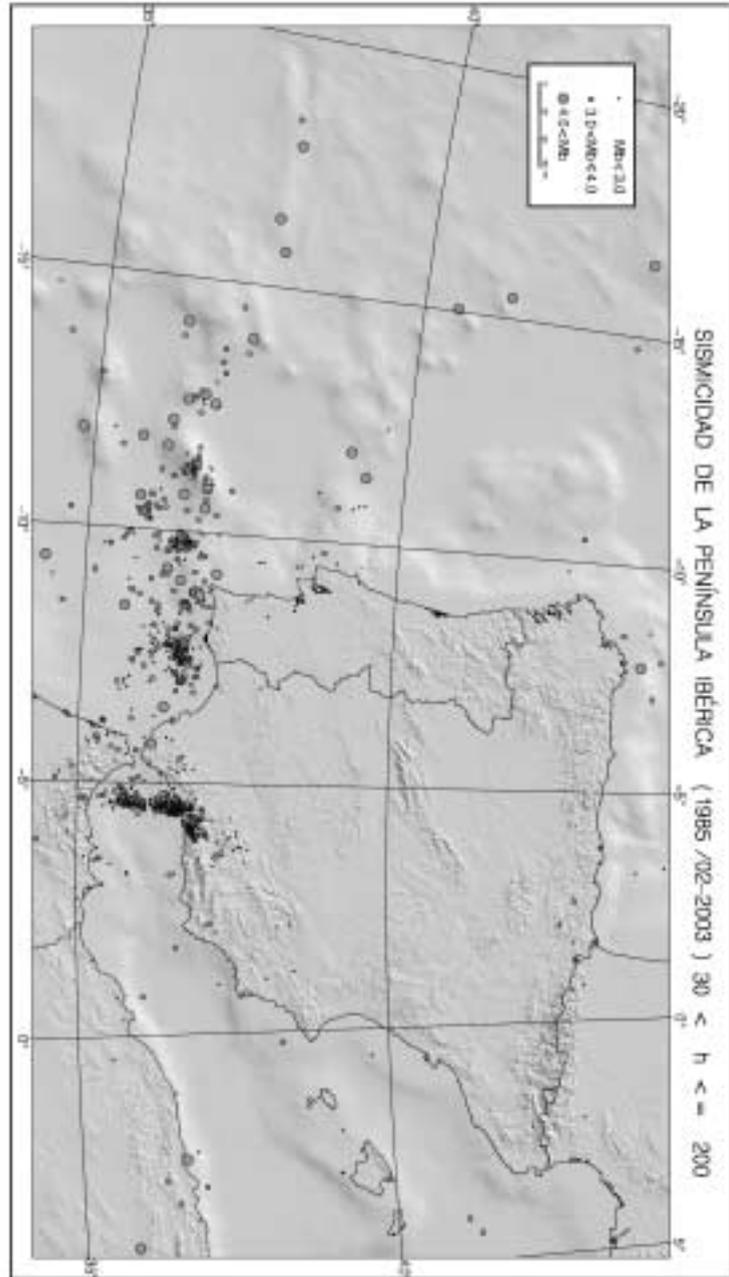


Figura 7. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes. Se han representado todos los eventos sísmicos desde 1985 hasta el día 15 de febrero de 2003 cuya profundidad hipocentral está comprendida entre 30 y 200 km.

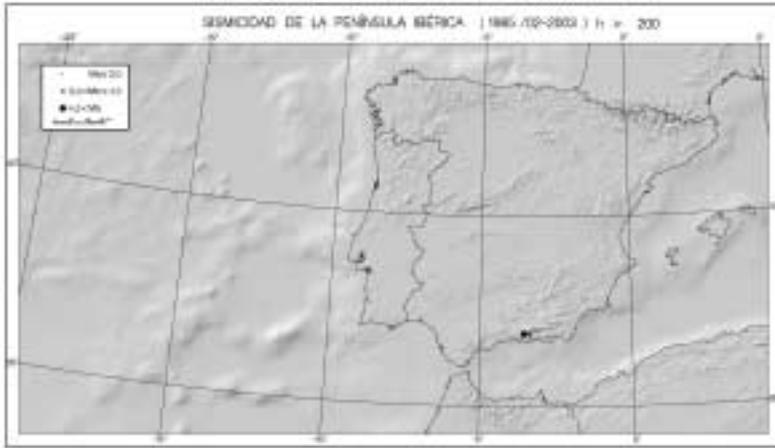


Figura 8. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes. Se han representado todos los eventos sísmicos desde 1985 hasta el día 15 de febrero de 2003 cuya profundidad hipocentral es mayor de 200 km.

Igualmente el caso notable que se observa en estas profundidades de la franja NE-SW en el mar de Alborán y próxima al Estrecho de Gibraltar, (Figura 9).

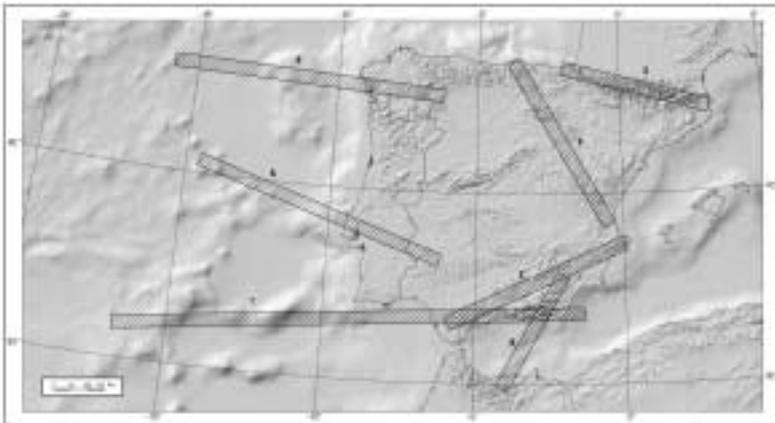


Figura 9. Se representan sobre la Península Ibérica las principales franjas de sismicidad activa. 1. Azores Gibraltar, 2. Cádiz –Alicante, 3. Pirineos, 4. Galicia, 5. Córdoba-Lisboa, 6. Alborán, 7. Valencia -Cantabria

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, de menor ocurrencia que la interplacas ya conocida, pero con magnitudes importantes. Esta sismicidad ya ha sido recientemente observada por otros autores como Cloetingh et al., 2002, detectando movimientos neotectónicos en el margen oriental de la Península incluyendo el Valle del Tajo y en Galicia.

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, el método de cálculo hipocentral, el número de estaciones y 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. Todos estos cambios quedan reflejados en las Figuras 10, 11 y 12 en las que se representan el número de sismos según su magnitud, el número de eventos independientemente de la magnitud y el número acumulativo por magnitudes.

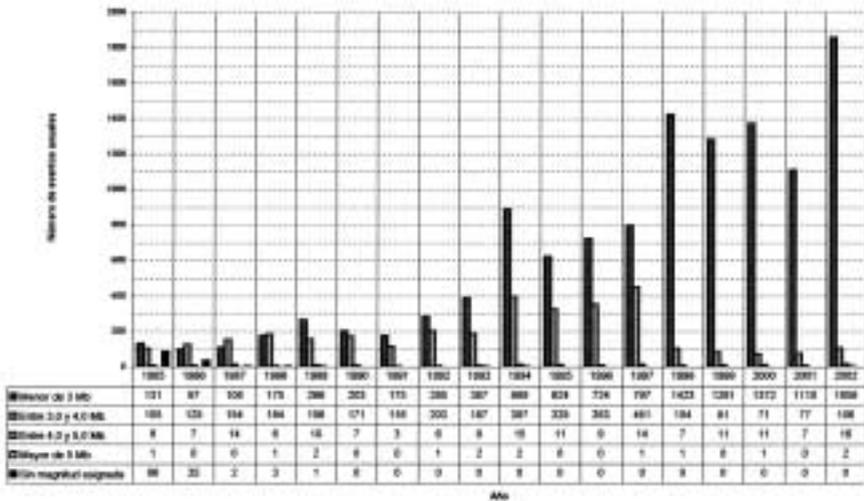


Figura 10. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes localizada por la Red Sísmica entre 1985 y 2002. Se han representado todos los eventos sísmicos dentro de cuatro rangos de magnitudes, así como los sismos sin magnitud asignada.



Figura 11. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes localizada por la Red Sísmica entre 1985 y 2002. Se ha representado el número total de eventos sísmicos, independientemente de la magnitud.

Número acumulativo de eventos anuales localizados por la Red Sísmica Española 1985-2002

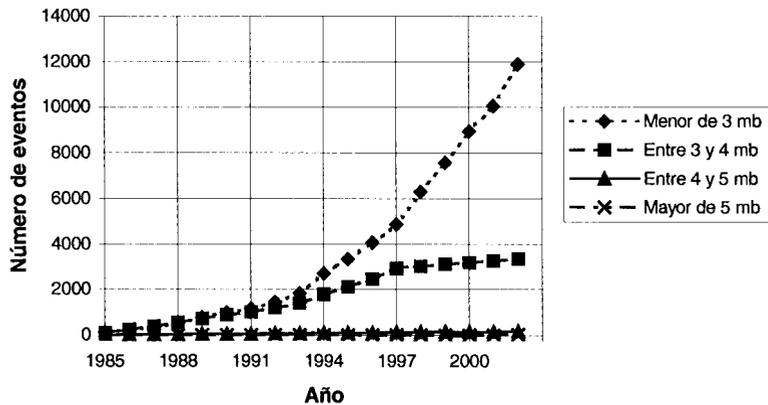


Figura 12. Sismicidad de la Península Ibérica y áreas adyacentes localizada por la Red Sísmica entre 1985 y 2002. Se ha representado el número acumulativo de eventos sísmicos anuales, según los intervalos de magnitud.

Si bien a lo largo de estos años se han producido series de mayor o menor duración, nivel de magnitudes y número de sismos, tal como podemos ver en la Tabla III con las más significativas, son de especial incidencia en el aumento de número de sismos, las series sísmicas de Adra (Blázquez et al., 1998) y la de Sarria-Becerreá (Lugo) (Rueda y Mezcuca, 2001)

Tabla III

Año	Serie sísmica significativa	Máxima magnitud
1985	Loja (Granada)	3.5
1985	Montilla (Córdoba)	5.1
1989	Palenciana(Málaga)	3.4
1993	Mancha Real (Jaén)	3.0
1993	Sierra de Tolox (Málaga)	3.6
1993	Adra (Almería)	5.0
1994	Adra (Almería)	4.9
1994	Alhucemas	4.6
1995	Adra (Almería)	5.0
1995	Sarria-Becerreá (Lugo)	4.6
1996	Sarria- Becerreá (Lugo)	5.1
1996	Perpignan (Francia)	5.0
1997	Sarria-Becerreá (Lugo)	5.1
1998	Loja (Granada)	3.6
1998	Celanova (Orense)	3.6
1999	Mula (Murcia)	4.8
2002	Gergal (Almería)	5.1
2002	Bullas (Murcia)	5.0
2003(enero)	Villalcampo (Zamora)	4.4

CONCLUSIONES

Las características más generales de la sismicidad de la Península Ibérica vienen ya reflejadas en los mapas de sismicidad correspondientes a datos históricos sin grandes cambios respecto a la sismicidad instrumental. No obstante, es evidente el incremento espectacular del nivel de detección de la Red Sísmica Española de sismos de baja magnitud, con la incorporación de nueva y más numerosa instrumentación, así como del perfeccionamiento de los métodos de análisis.

Estas mejoras han permitido también calcular con mayor confianza la profundidad focal, aunque siga siendo éste el parámetro más difícil de

precisar. Existe también una sismicidad histórica con epicentros alejados de la inmediata proximidad de los márgenes de placas tectónicas y cuya ubicación siempre ofrece dudas debido a la falta de registros y que en muchos casos se ha podido confirmar su existencia con la localización precisa de epicentros en zonas del interior peninsular y que alcanzan magnitudes elevadas, dentro del nivel de sismicidad en que nos encontramos.

AGRADECIMIENTOS

El estudio de la sismicidad a través de los datos proporcionados por la Red Sísmica Española del Instituto Geográfico Nacional sólo es posible gracias al esfuerzo continuado de todo el personal de las Áreas de la Red Sísmica Española y de Geofísica.

REFERENCIAS

- BLÁZQUEZ, R., SUÁREZ, A., CARREÑO, E. y A. J. MARTÍN (1998). Análisis de los acelerogramas de la serie de Adra (Almería). Diciembre 1993 a enero 1994. *Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería*. Barcelona, 89pp.
- BULAND, R. (1986). Uniform reduction error analysis. *Bull.Seismo.Soc. Amer.*, 76, pp. 217-230.
- BULAND, R. (1993). The Unites States National Seismograph Network, *EOS Trans. Amer. Geophys. Union*. Pp. 136-137.
- CARREÑO, E., LÓPEZ, C., VILLAMAYOR, A., GRACIA, F., ALONSO, A. y E. RUÍZ (2001). Estación Sísmica de Sonseca. Descripción general. En *El Riesgo sísmico. Prevención y Seguro*. Consorcio de Compensación de Seguros y Universidad Complutense. Madrid, pp.163-177.
- CLOENING, S., BUROV, E., FBEEKMAN, B. ANDEWEG, P.A.M. ANDRIESSEN, D. GARCÍA-CASTELLANOS, G. DE VICENTE and R. VEGAS. (2002). Lithospheric folding in Iberia. *Tectonics*, Vol.21, No.5, 1041,
- 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.
- RUEDA, J. y J. MEZCUA (2001). Sismicidad, sismotectónica y peligrosidad sísmica en Galicia. *Publicación Técnica nº 35. Instituto Geográfico Nacional*. Madrid, 64 pp.
- TEJEDOR, J.M. y O. GARCÍA (1993). Funciones de transferencia de las estaciones de la red sísmica nacional. *Instituto Geográfico Nacional*. Madrid, 82 pp.