

## **SISMICIDAD HISTÓRICA DE LA PENÍNSULA IBÉRICA**

## **HISTORICAL SEISMICITY OF THE IBERIAN PENINSULA**

José Manuel Martínez Solares  
Instituto Geográfico Nacional

### **RESUMEN**

Los terremotos más destructivos que han afectado a la península Ibérica han sucedido antes del siglo XX, durante el llamado periodo histórico. Los estudios de sismicidad se consideran por lo tanto absolutamente necesarios, ya que permiten conocer las principales características de este periodo y representan una herramienta de gran valor en los estudios de peligrosidad y riesgo sísmico. En este trabajo se realiza un análisis sobre la evaluación de los datos macrosísmicos, de la distribución espacial y temporal de los terremotos y de los daños producidos. Asimismo, los nuevos mapas de información macrosísmica obtenidos han permitido estimar la energía liberada mediante el cálculo de la magnitud.

### **ABSTRACT**

The most destructive earthquakes that affected the Iberian Peninsula have occurred before the 20th century, during the so called historic period. Therefore, the seismicity studies are considered absolutely necessary since they allow us to know the main features of this time and they represent a great value tool in seismic hazard and risk assessment. In this work it is done an analysis about the evaluation of the macroseismic data, the spatial and temporal earthquake distribution and the damage. Also the new macroseismic information map obtained has been used to estimate the energy by means of magnitude calculation.

**Palabras clave:** Terremotos, periodo histórico, información macrosísmica, daños, Península Ibérica

## 1. INTRODUCCIÓN

La sismicidad, expresada como la distribución de los terremotos en el espacio, en el tiempo y/o por el tamaño, tiene que estar bien definida por sus características y por su forma de representarla. Debido a que el contenido de la información sísmica depende en gran medida de la época a considerar, es necesario contemplar una correcta división temporal de la sismicidad. Así, podemos referirnos inicialmente a la paleosismicidad, o periodo en el que los terremotos son analizados e interpretados solamente mediante la geología como única fuente disponible. En su sentido más genérico, la paleosismología se define como el estudio de las fallas, y de sus huellas plasmadas sobre la superficie, de los terremotos ocurridos hace décadas, siglos o milenios (Yeats and Prentice, 1996). Posteriormente estaría la llamada arqueosismicidad, donde las técnicas serían las mismas que se utilizan en arqueología, pudiendo estar complementadas con textos antiguos. Dentro de este periodo podríamos citar para la península un fuerte movimiento sísmico que afectó a la ciudad de Huelva entre los siglos VII y VI a.C. (Rey, 2000) o evidencias de despoblamiento rápido a causa de un posible terremoto en el castro asturiano de Grandas de Salime hacia el siglo II d.C. (comunicación personal).

A continuación contemplamos la sismicidad histórica, objeto del presente estudio, que comprendería aproximadamente hasta el año 1900. Su información provendría fundamentalmente de textos escritos como consecuencia de los efectos y daños producidos. Dos divisiones posteriores completarían el total. Una se podría calificar como periodo intermedio, compuesto por datos macrosísmicos y registros instrumentales, siendo su intervalo entre los años 1901 y 1962, año de la instalación en la península de estaciones pertenecientes a la red mundial WWSSN. El siguiente abarcaría desde el año 1963 hasta la actualidad, con datos instrumentales y complementado con información macrosísmica. No obstante, estas divisiones no son excluyentes y cada una participa de las metodologías de las otras. Asimismo los datos de cada periodo no deben considerarse, en lo que respecta al área y al tamaño, ni homogéneos ni completos.

En los estudios de sismicidad un factor también a tener en cuenta es el carácter de provisionalidad que tienen los catálogos sísmicos. Esto parece evidente en el caso de la sismicidad histórica, toda vez que la investigación sobre los terremotos nunca se puede dar por concluida, pues pueden aparecer nuevos documentos que modifiquen algunos, o todos, de sus parámetros. Sin embargo, esta interinidad también es aplicable al periodo instrumental, ya que determinaciones más precisas de la estructura de la corteza, e incluso de los métodos de cálculo, pueden modificar también las soluciones obtenidas.

En cualquier caso, los resultados que se puedan obtener para el periodo histórico van a venir condicionados por las incertidumbres inherentes a la información disponible, aunque investigaciones y estudios monográficos recientes han mejorado sustancialmente el conocimiento de la sismicidad y peligrosidad sísmica de la península Ibérica.

## 2. EL PERIODO HISTORICO. EVALUACIÓN DE LOS DATOS

La primera manera de expresar la sismicidad es mediante los catálogos sísmicos. En el periodo histórico los de tipo paramétrico recogen los principales datos: fecha, intensidad y localización epicentral. No obstante, su contenido se ha ido mejorando, añadiéndose otro tipo de información de gran utilidad como son el número de puntos de información macrosísmica, la magnitud equivalente, factores de calidad del epicentro y de la intensidad, bibliografía, etc. Una cuestión que también deben tener en cuenta los catálogos es la de referenciar aquellos terremotos falsos que algunos documentos o estudios monográficos anteriores han considerado como verdaderos movimientos sísmicos. En algunos casos el error radicaba en tener equivocada la fecha, dando lugar a incorrectas interpretaciones o duplicidades y, en otros, por ser eventos que estudios más rigurosos han determinado como no sísmicos. Con objeto de que quede constancia de su falsedad en futuras catalogaciones, los trabajos más actuales los incluyen con un código identificativo ( Susagna y Goula, 1999; Martínez Solares y Mezcua, 2002).

### 2.1. Intensidad macrosísmica

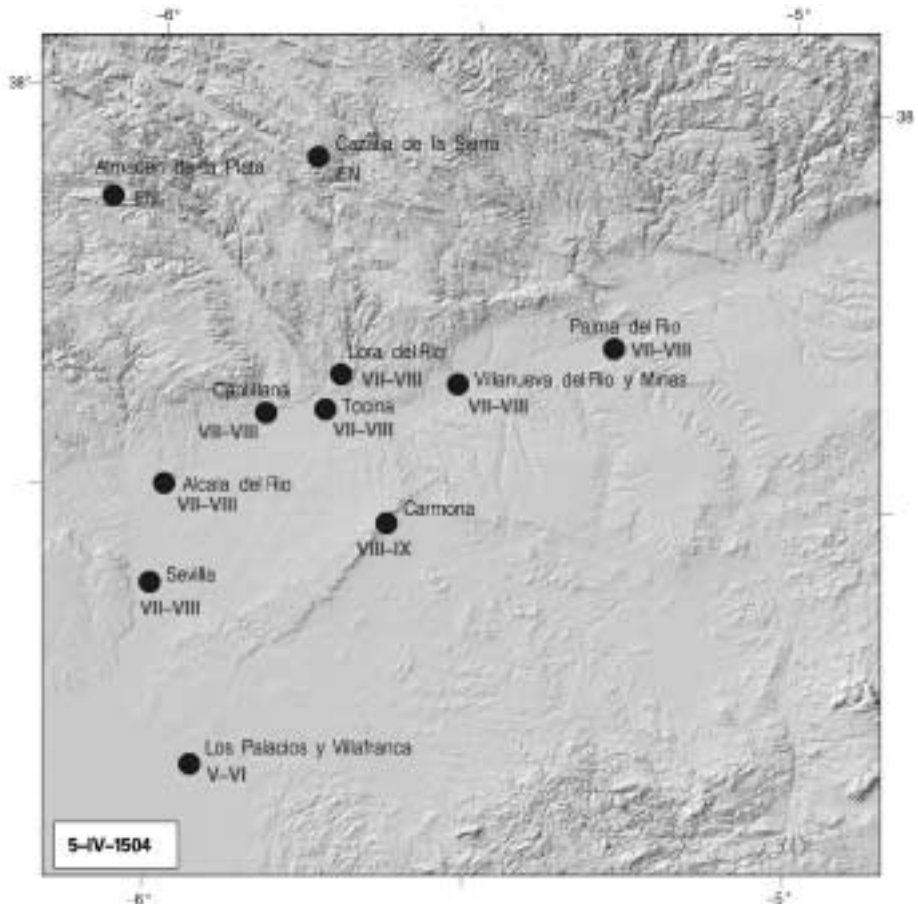
En los catálogos históricos, la intensidad que viene asignada a cada terremoto es, en general, la intensidad máxima sentida (conocida)  $I_{\max}$ , que en el caso de epicentros situados en tierra es probable que coincida con la intensidad en el epicentro  $I_0$ . Cuando se trata de terremotos con epicentro marino, ambos valores casi nunca son iguales, siendo necesario incluir las dos intensidades. Actualmente los valores de las intensidades están referidos a la nueva escala EMS-98, actualizada a partir de la MSK de los años 1964 y 1981. Ambas escalas se pueden considerar equivalentes, sin embargo alguna intensidad, como la de grado VI-MSK, podría ser modificada a V-EMS, si tenemos en cuenta el nivel de daño respecto a un determinado tipo de vulnerabilidad.

Para este periodo histórico, al no existir construcciones con vulnerabilidad superior a la de clase C, algunos de los elementos de valoración de los grados de intensidad para otras vulnerabilidades, tal y

como señala la escala *EMS*, no pueden ser usados. Asimismo, la documentación disponible no permite en algunos casos asignar convenientemente los niveles de daño, ni tampoco su distribución, al no cuantificarse el número de casas que sufrieron desperfectos, desconociéndose además la cantidad total de edificios en la localidad. En el caso de edificios singulares (iglesias, castillos, murallas, ermitas, etc.) al tener una estructura muy compleja no es posible diferenciar sus tipos de vulnerabilidad. Además, como este tipo de construcciones son casi únicos en cada lugar, la información de sus daños está restringida al no poder ser usada estadísticamente. Por todo ello -con objeto de indicar la incertidumbre en la interpretación de los efectos y los daños- la escala *EMS-98* sugiere incluir rangos de intensidad en vez de valores puntuales. Afortunadamente, en el caso de algunos terremotos destructores como el de Lisboa de 1755, la distribución de niveles de daño para los distintos grados de intensidad sísmica han permitido confeccionar matrices de probabilidad de daño para algunos tipos de estructuras (Martínez Solares, 2001), matrices que pueden ser usadas para deducir estimaciones de daño de otros terremotos contemporáneos de similares características.

Por otro lado, la escala también recomienda que la información que aportan los efectos sobre la naturaleza, fenómenos hidrológicos o en el terreno, no debe ser usada para asignar intensidades cuando solo se dispone de este tipo de datos y, en todo caso, estos efectos pueden servir para confirmar la intensidad ya valorada a partir de otra clase de información.

La creación de bases de datos de información macrosísmica en las que se almacena, entre otros, la intensidad de cada punto, sus coordenadas, los niveles de daño, los efectos sismogeológicos, etc., permiten una mejor utilización de los datos y un cálculo más formalista de los parámetros de interés y, asimismo, asignar un factor de calidad a la intensidad máxima o epicentral. En muchos casos, los textos históricos no permiten deducir directamente un valor de la intensidad sísmica, por lo que se sustituye en la base de datos por un código capaz de interpretar los efectos ocasionados. Por ejemplo, Martínez Solares y Mezcua (2002) asignan la *D* para indicar daños observados pero no su nivel, la letra *S* señala que ha sido sentido el terremoto sin poder especificar su grado y el código *EN* refiere a que solamente han sido registrados efectos en la naturaleza. Se puede interpretar que el código *D* implicaría una intensidad igual o superior a *V*, o el *S* una intensidad igual o inferior a *V*. Una de las utilidades de la base de datos sería la representación de la información macrosísmica mediante mapas como el reflejado en la figura 1 correspondiente al terremoto de Carmona de 1504, que vendrían a sustituir a los clásicos mapas de isosistas.



**Figura 1.** Mapa de información macrosísmica del terremoto de 5 de abril de 1504 localizado en Carmona (Sevilla). (Según Martínez Solares y Mezcuca, 2002).

## 2.2. Localización epicentral

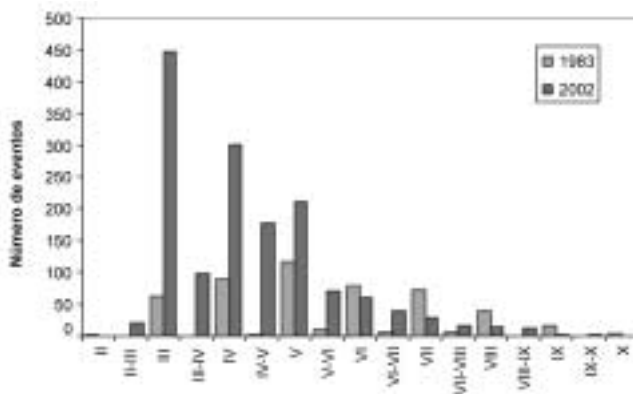
Los epicentros macrosísmicos no deberían necesariamente coincidir con los instrumentales ya que ambos tienen distinto significado físico: el instrumental es la proyección del foco sobre la superficie y el macrosísmico el definido por el área de máximos daños. Su precisión para este periodo histórico viene condicionada por la distribución de los datos y si estos están bien repartidos por la zona de estudio, con un número aceptable de puntos de información, el epicentro macrosísmico se considera bien determinado. Al estar prácticamente rodeada la península Ibérica por el mar, se puede producir un mal

comportamiento en la determinación epicentral cuando el foco se supone marino, ya que existe una deficiente cobertura acimutal de los puntos de información. Errores en la localización también suceden en aquellas zonas con poca densidad de población. Asimismo, en algunos casos particulares de terremotos muy antiguos, es preferible que no se les asignen coordenadas ya que la información disponible se refiere a una amplia zona o región que no permite situar ni siquiera un epicentro aproximado.

Con objeto de cuantificar de algún modo esta incertidumbre que acompaña a los epicentros macrosísmicos, los catálogos más recientes asignan un factor de calidad que en general es función de la distribución de puntos de información macrosísmica.

### 3. CARACTERÍSTICAS DE LA SISMICIDAD PENINSULAR

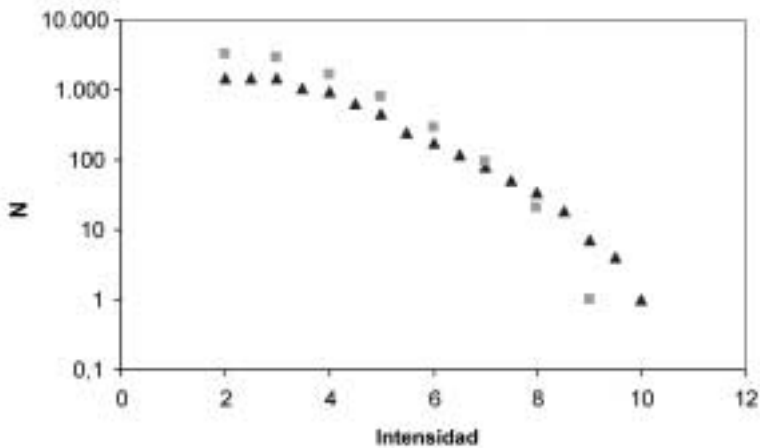
La nueva evaluación de la documentación histórica, cuyos resultados están publicados por Martínez Solares y Mezcua (2002), ha modificado en una parte importante las intensidades asignadas en el catálogo anterior (Mezcua y Martínez Solares, 1983). Si comparamos mediante la figura 2 la información macrosísmica contenida en ellos para el periodo comprendido entre 1000 y 1900 para la península Ibérica, podemos observar un aumento considerable de terremotos de menor intensidad entre III y V y, por el contrario, una ligera disminución en el número de terremotos superiores a VI. Para los valores con intensidades intermedias, se aprecia una notable diferencia que es atribuible a que en el nuevo catálogo se han incluido estas de forma más sistemática, tal y como aconseja la escala *EMS-98*.



**Figura 2.** Comparación por intensidades de los catálogos sísmicos de 1983 (Mezcua y Martínez Solares) y de 2002 (Martínez Solares y Mezcua) para el periodo 1000-1900.

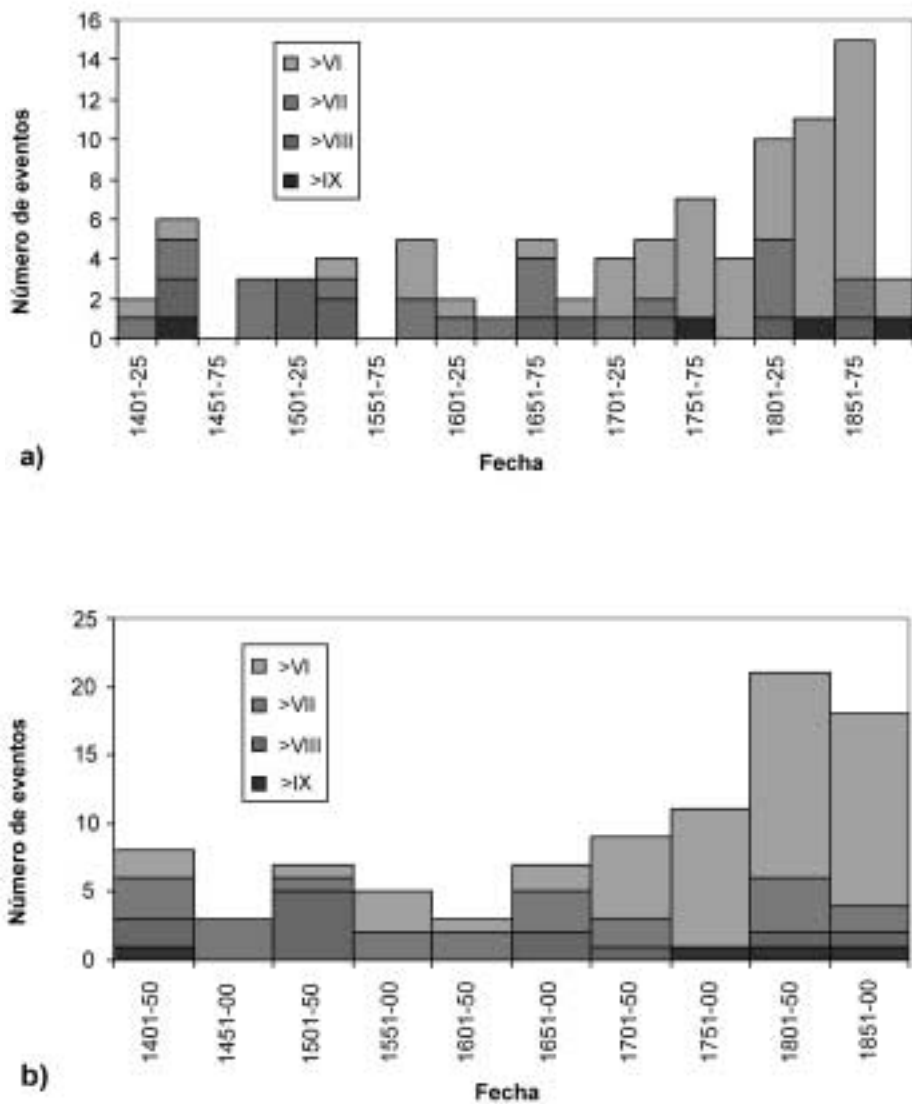
### 3.1. Distribución de intensidades

Con los terremotos contenidos en el nuevo catálogo, podemos analizar su distribución mediante la relación frecuencia – intensidad y compararla con la obtenida para el periodo instrumental. Para ello consideramos dos ventanas temporales: el periodo histórico comprendido entre los años 1000 y 1900 y el instrumental entre 1901 y 2000 (Figura 3). Teniendo en cuenta la ecuación de Gutenberg-Richter, estas distribuciones se deberían ajustar teóricamente a una recta, si bien la falta de completitud de los datos, para ambas ventanas, hace que los valores más bajos de intensidad aparezcan amortiguados y por el contrario, el corto intervalo de 100 años para el periodo instrumental, le hace incompleto para los valores de intensidad más altos.



**Figura 3.** Distribución frecuencia-intensidad de sismos de la península Ibérica para el periodo histórico 1000-1900 (triángulos) e instrumental 1901-2000 (cuadrados).

Ambas curvas no son formalmente comparables, ya que representan intervalos de tiempo de tamaño distinto y los valores de la intensidad macrosísmica además no son homogéneos entre ellos. No obstante, a partir de las pendientes de cada curva, es posible determinar, para intensidades superiores a VI, el año de referencia a partir del cual el periodo histórico se puede considerar completo. Para ello representamos el número de terremotos de intensidad superior a VI en el periodo donde se estiman más fiables los datos de intensidad (1400-1900). Utilizando dos intervalos temporales –25 y 50 años– con objeto de comparar mejor los umbrales de intensidad, representamos en las Figuras 4 a, b los histogramas correspondientes.



**Figura 4.** Número de terremotos entre los años 1400 y 1900 para cuatro niveles de intensidad. a) En intervalos de 25 años. b) En intervalos de 50 años.



Del examen de la distribución en la Figura 4-a. es posible deducir que para intensidades superiores a VI, el catálogo se puede considerar completo a partir del año 1651 que es donde se estabiliza el número de eventos, a pesar de las fluctuaciones que lógicamente pueda tener y que se confirma, aunque en menor medida, en la distribución de la Figura 4-b. Para las intensidades mayores de VII, la completitud la podemos establecer, a partir de ambos gráficos, para todo el periodo indicado, es decir desde 1401. Ambos años de referencia tendrían una desviación de  $\pm 25$  años.

### 3.2. Estimación de la magnitud

La forma más clásica de representación espacial de la información macrosísmica ha sido mediante los mapas de isosistas, que permiten obtener las superficies encerradas por cada una de las isolíneas y estimar, mediante expresiones previamente calibradas para el periodo instrumental, los valores de magnitud  $M_s$  (Ambraseys et al, 2002) o magnitud momento  $M_w$  (Frankel, 1994; Johnston, 1996). No obstante, estos mapas contienen una cierta subjetividad en el trazado de las isolíneas, sobre todo cuando la distribución espacial de la información no es homogénea, o es poco densa, lo que plantea algunas incertidumbres en su utilización.

Actualmente algunos autores determinan la magnitud equivalente a partir de distribuciones puntuales de información macrosísmica. En particular Bakun and Wentworth (1997) desarrollan una metodología para California capaz de estimar de forma conjunta la localización y la magnitud momento. Se puede considerar que para definir el tamaño de los terremotos, la magnitud momento  $M_w$  es un estimador mucho más significativo que cualquier otro tipo de magnitud, ya que el momento sísmico escalar  $M_0$  contiene información sobre las dimensiones de la fuente, la amplitud de la deformación y las características físicas del material en el que se produce la ruptura. Por contra, otros tipos de magnitud, como  $m_b$ ,  $M_L$  o  $M_S$ , pueden llegar a saturarse a partir de un determinado nivel.

Siguiendo la metodología de Bakun y Wentworth, Mezcua et al (2002) han calibrado el proceso de estimación conjunta para la península Ibérica y Martínez Solares y Mezcua (2002) lo han aplicado para algunos de los terremotos más importantes del periodo histórico y a los que tuviesen suficientes puntos de información. En la Tabla 1 se relacionan los valores de magnitud momento estimados y de la que podemos deducir que, exceptuando el terremoto de Lisboa de 1755 por estar situado fuera del área continental, el umbral máximo de magnitud para la península se sitúa en  $M_w = 6.8$ .

**Tabla 1.** Relación de terremotos con magnitud momento estimada (según Martínez Solares y Mezcuca, 2002)

Fecha	$M_w$	Fecha	$M_w$
1396-diciembre-1396	6.5	1806-octubre-27	5.3
1431-abril-24	6.7	1817-marzo-18	5.7
1504-abril-5	6.8	1829-marzo-21	6.6
1522-septiembre-22	6.5	1841-agosto-3	5.7
1680-octubre-9	6.8	1847-julio-28	5.9
1722-diciembre-27	6.5	1863-junio-10	4.2
1748-marzo-23	6.2	1877-octubre-25	5.9
1755-noviembre-1	8.5	1883-enero-16	4.1
1761-marzo-31	6.7	1883-octubre-20	6.0
1804-enero-13	6.7	1884-diciembre-25	6.5
1804-agosto-25	6.4	1899-agosto-24	5.9

### 3.3. Secuencias sísmicas

En un área limitada como es la península Ibérica, la distribución temporal de los terremotos no sigue plenamente la ley de Poisson de sucesos independientes, ya que estos se encuentran agrupados en diversos tipos de secuencias sísmicas y por tanto se deben considerar como fenómenos interdependientes. Por ello, algunos catálogos sísmicos distinguen aquellos terremotos considerados como réplicas y premonitorios de un terremoto principal o enjambres. Aunque existen métodos que permiten definir matemáticamente los eventos que conforman las series sísmicas, no obstante, para el periodo histórico resulta más útil definirlos a partir de la consideración de eventos relacionados, en el tiempo y en el espacio, con otro de mayor intensidad y cuya información macrosísmica sea coherente entre ellos.

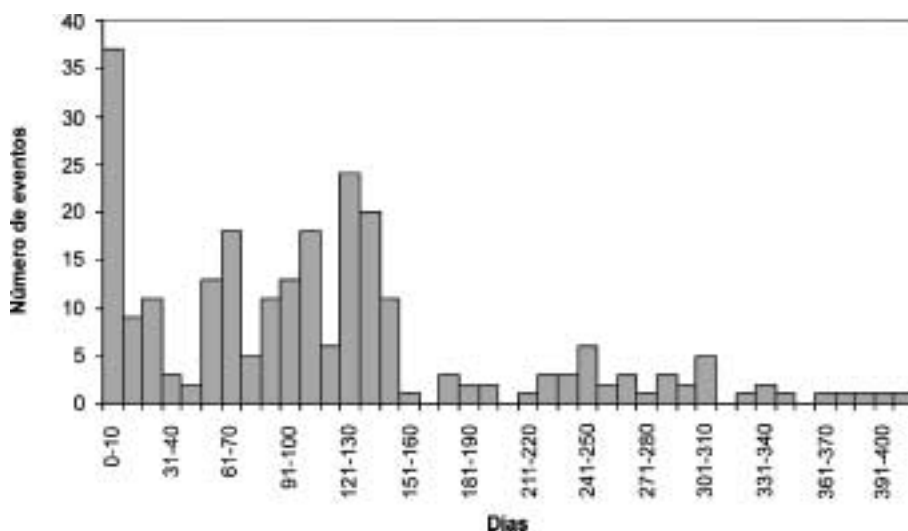
Los procesos de secuencias sísmicas se producen en la península de forma casi sistemática, tanto durante la época histórica como en la instrumental. En la Tabla 2 se relacionan las series más importantes de duración superior a dos meses catalogadas por Martínez Solares y Mezcuca (2002) y clasificadas en función del tipo de actividad: sismo principal con premonitorios y réplicas (*PMR*); sismo principal con réplicas (*MR*) y enjambres (*E*).

**Tabla 2.** Relación de secuencias sísmicas de más de dos meses de duración

Año	Localización Meses	Duración Int. máxima sismos	Número	Tipo	
1373	Ribagorça (Lleida)	4	VIII-IX	7	MR
1427	Amer (Girona)	3	VIII	12	E
1620-21	Alcoy (Alicante)	2	VII-VIII	7	MR
1674	Lorca (Murcia)	2	VIII	5	PMR
1748	Estubeny (Valencia)	2	IX	9	MR
1755-56	SW. Cabo S. Vicente	12	X	59	MR
1761	SW. Cabo S. Vicente	2,5	VI-VII	15	MR
1778	Granada	6	VI	26	E
1788	La Seu d'Urgell (Lleida)	5	VI	15	E
1791-92	Melilla	11	VI-VII	56	E
1804	Mar de Alborán	7	VII-VIII	17	MR
1804	Dalias (Almería)	4	VIII-IX	51	PMR
1806-07	Pinos Puente (Granada)	12	VIII	159	MR
1826	Granada	8	VI	20	E
1829	Torre Vieja (Alicante)	4	IX-X	42	PMR
1848	Melilla	2	VII	11	MR
1848-49	Orihuela de Tremedal (Teruel)	3	VI-VII	10	PMR
1851-52	NE. Palma de Mallorca	13	VII	18	MR
1861-62	Torre Vieja (Alicante)	12	IV	25	E
1862	Torre Vieja (Alicante)	6	V	21	E
1863	Huerca-Overa (Almería)	4	VI-VII	42	E
1882-83	Archena (Murcia)	4	VI-VII	35	E
1883	Villanueva de Castellón (Valencia)	2,5	V	6	E
1884-86	Arenas del Rey (Granada)	31	IX-X	253	MR

Se deduce de la Tabla que las secuencias de mayor duración -y con un gran número de terremotos- pertenecen al tipo de actividad de réplicas (*MR*). Si tomamos como ejemplo la mayor de todas las series (correspondiente al terremoto de 1884) mediante su distribución de frecuencia (figura 5), observamos que existe un decrecimiento exponencial para los primeros 50 días de la secuencia, pero no para la totalidad del periodo, lo que puede ser debido a las réplicas de intensidad VI y VII ocurridas en los primeros cinco meses.

En el caso de la distribución espacial de los terremotos contenidos en una serie sísmica, los epicentros estarían localizados, dentro de este periodo histórico, en las mismas coordenadas que el epicentro principal. Esta coincidencia no necesariamente debe existir siempre, puesto que la secuencia debe agruparse alrededor del área de ruptura y podría permitir, como sucede en los estudios de sismicidad instrumental, definir su tamaño y dirección.



**Figura 5.** Frecuencia de réplicas del terremoto de 24 diciembre de 1884 en intervalos de diez días.

### 3.4. Información complementaria

Muchos de los estudios monográficos de terremotos históricos añaden información no directamente relacionada con los parámetros sísmicos y que sin embargo aportan datos de tipo social o económico de gran interés. Uno de estos pueden ser las víctimas que ocasionan los terremotos. En la Tabla 3 se recogen aquellos de los que se tiene conocimiento que produjeron víctimas mortales, si bien para algunos de ellos la cantidad es estimativa, o incluso desconocida (Martínez Solares y Mezcuca, 2002).

Otra información de gran importancia en la determinación del riesgo sísmico es la referida a los daños económicos ocasionados por los grandes terremotos. Su valoración, no obstante, resulta difícil de cuantificar debido a la falta de documentación, tanto por la escasez de datos sobre la distribución real de los daños, como por el desconocimiento de los costes de reposición. Tenemos, no obstante, algunos ejemplos que pueden ilustrar, siempre como cantidades estimadas por debajo del valor real, las pérdidas que causaron algunos terremotos históricos, cada uno valorado en la moneda circulante de la época. Así, en el terremoto de 1504 en Carmona (Sevilla) se cifraron los daños en 7.562.500 maravedies (Gentil, 1989), el de 1748 en Montesa (Valencia) se cuantificó en

116.377,5 libras (Alberola, 1995), en el terremoto de Lisboa de 1755 se estimaron los daños, solo en España, en 70.250.070 reales de vellón (Martínez Solares, 2001) y el sismo de Andalucía de 1884 alcanzó 5.826.028,66 pts (Muñoz y Udías, 1980). Cualquiera de estas cantidades transformadas a la moneda actual, nos revelaría las importantes pérdidas económicas que supusieron estos terremotos, bastante inferiores a la que se producirían en la actualidad ya que los elementos expuestos son mucho mayores en valor y cantidad.

**Tabla 3.** Relación de terremotos que han ocasionado víctimas mortales

Fecha	Muertos	Fecha	Muertos
1344	?	1748-marzo-23	38
1356-agosto-24	?	1755-noviembre-1	15.000
1406	72	1756-mayo-13	1
1428-febrero-2	800	1761-marzo-31	25
1448-mayo-24	?	1804-enero-13	2
1504-abril-5	32	1804-agosto-25	407
1518-nov-9	165	1806-octubre-27	13
1522-septiembre-22	1.000	1807-junio-8	11
1531-enero-27	?	1817-marzo-18	1
1531-septiembre-30	400	1829-marzo-21	389
1582	12	1844-julio-17	1
1620-diciembre-2	22	1847-diciembre-17	1
1644-junio-19	22	1851-mayo-15	1
1674-agosto-28	40	1856-enero-12	2
1680-octubre-9	70	1858-noviembre-11	8
1719-marzo-6	3	1877-agosto-7	1
1722-diciembre-27	?	1884-diciembre-25	839
1724-septiembre-13	1		

#### 4. LOS GRANDES TERREMOTOS DE LA PENÍNSULA IBÉRICA

Desde el punto de vista de la peligrosidad sísmica de la península, tiene una gran trascendencia el periodo histórico puesto que en él han sucedido los terremotos más destructivos y que más influyen en su determinación. Estos grandes sismos, con intensidad sísmica igual o superior a VIII, aparecen resumidos con sus principales parámetros en la Tabla 4. Como ya indicamos anteriormente, esta relación ha sufrido algunas revisiones en lo referente a la intensidad máxima, siendo muchas de ellas nuevamente evaluadas con valores

ligeramente más bajos respecto a las reflejadas en el catálogo anterior (Mezcua y Martínez Solares, 1983).

**Tabla 4.** Relación de los terremotos más importantes de la península Ibérica entre 1000 y 1900. (Martínez Solares y Mezcua, 2002)

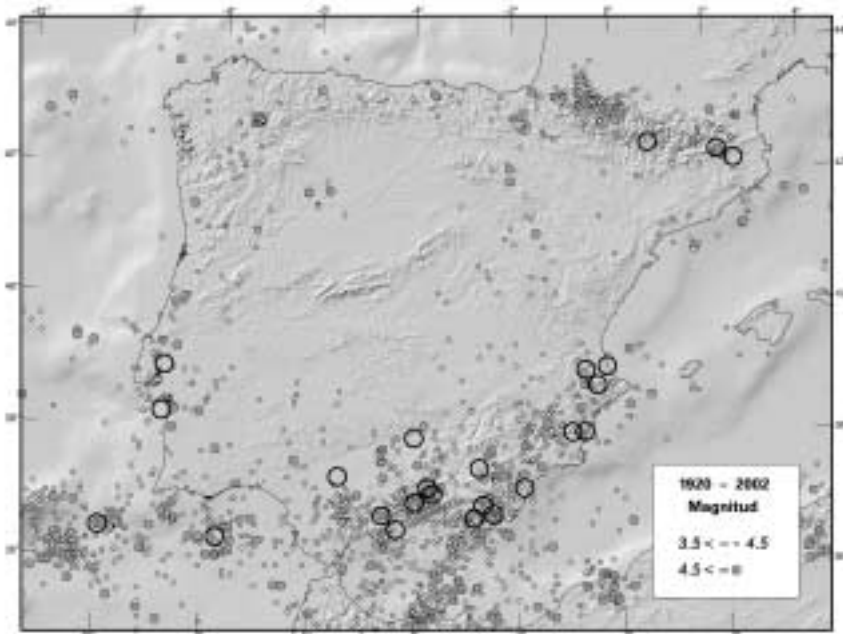
Fecha	Localización	Coordenadas	Intensidad máxima
1048	Orihuela (Alicante)	38° 05' N - 0° 55' W	VIII
1169	Andujar (Jaén)	38° 00' N - 4° 00' W	VIII-IX
1356-agosto-24	SW. Cabo San Vicente	36° 30' N - 10° 00' W	VIII
1373-marzo-2	Ribagorça (Lleida)	42° 30' N - 0° 45' E	VIII-IX
1396-diciembre-18	Tavernes de la Vallidigna (Valencia)	39° 05' N - 0° 13' W	VIII-IX
1427-mayo-15	Olot (Girona)	42° 12' N - 2° 30' E	VIII-IX
1428-febrero-2	Queralbs (Girona)	42° 21' N - 2° 10' E	IX-X
1431-abril-24	Sur de Granada	37° 08' N - 3° 38' W	VIII-IX
1494-enero-26	Sur de Málaga	36° 35' N - 4° 20' W	VIII
1504-abril-5	Carmona (Sevilla)	37° 23' N - 5° 28' W	VIII-IX
1518-noviembre-9	Vera (Almería)	37° 14' N - 1° 52' W	VIII-IX
1522-septiembre-22	W. Alhama de Almería	36° 58' N - 2° 40' W	VIII-IX
1531-enero-26	Vila Franca de Xira (Portugal)	39° 00' N - 8° 55' W	IX
1531-septiembre-30	Baza (Granada)	37° 32' N - 2° 44' W	VIII-IX
1644-junio-19	Muro de Alcoy (Alicante)	38° 48' N - 0° 25' W	VIII
1658-diciembre-31	Almería	36° 50' N - 2° 28' W	VIII
1680-octubre-9	NW. Málaga	36° 48' N - 4° 36' W	VIII-IX
1722-diciembre-27	Golfo de Cádiz	36° 24' N - 7° 46' W	VIII
1748-marzo-23	Estubeny (Valencia)	39° 02' N - 0° 38' W	IX
1755-noviembre-1	SW. Cabo San Vicente	36° 30' N - 10° 00' W	X
1804-agosto-25	Dalías (Almería)	36° 46' N - 2° 50' W	VIII-IX
1806-octubre-27	Pinos Puente (Granada)	37° 14' N - 3° 44' W	VIII
1829-marzo-21	Torre Vieja (Alicante)	38° 05' N - 0° 41' W	IX-X
1858-noviembre-11	S. Setúbal (Portugal)	38° 18' N - 8° 55' W	IX
1884-diciembre-25	Arenas del Rey (Granada)	37° 00' N - 3° 59' W	IX-X

Se observa que algunas zonas de la península han sufrido un corto periodo de terremotos violentos una sola vez en cientos de años. Esto sucedió por ejemplo en la provincia de Girona durante los años 1427 y 1428, actividad que no ha vuelto a repetirse hasta la actualidad. Aunque esta región es considerada de baja sismicidad, en otras zonas del sur peninsular, como el área de Granada cuya peligrosidad sísmica está considerada la más alta de España, pueden transcurrir también algunos cientos de años sin la ocurrencia de un terremoto de intensidad VIII o superior. Estos comportamientos parecen señalar que, con los 900 años recopilados en la lista, los modelos de recurrencia de terremotos para la península pertenecen a los del tipo no-

periodico o, simplemente, interpretamos que este número de años no son suficientes para observarlos.

Con objeto de analizar su distribución espacial, hemos representado en la figura 6 el mapa de la actividad más reciente, correspondiente al periodo instrumental entre 1920 y 2002 (magnitud igual o superior a 3.5), conjuntamente con los terremotos relacionados en la Tabla 4.

La figura 6 muestra de una forma global las características de la sismicidad peninsular que podemos suponer estacionaria en el tiempo y en el espacio. Esta característica se confirma al observar como la mayoría de los grandes terremotos pasados ocurrieron en zonas donde se continúa liberando energía. Sin embargo, para algunos otros sismos, alrededor de ellos aparece una actividad muy reducida o casi nula. Estas ausencias de sismicidad actual pueden estar justificadas porque se estaría produciendo un proceso de acumulación de tensiones sin una liberación parcial apreciable, o bien se trataría de una zona completamente relajada, hipótesis esta más improbable. En cualquier caso, si queremos particularizar para cada terremoto, sería



**Figura 6.** Distribución de epicentros en la península Ibérica para el periodo instrumental 1920-2002 con magnitud igual o superior a 3.5. Los círculos abiertos corresponden a los grandes terremotos históricos relacionados en la Tabla 4.

interesante realizar un estudio sismotectónico detallado de cada zona fuente y un análisis comparado entre la actividad de la época histórica y la más reciente, que ha sido calculada en los últimos años con gran precisión de sus parámetros de localización.

## REFERENCIAS

- ALBEROLA ROMA, A., (1995). Catástrofe e Historia: el terremoto valenciano de 1748. En *Homenaje a Antonio Bethencourt Massieu*. Cabildo Insular de Gran Canaria p. 59-82.
- AMBRASEYS, N.N., JACKSON, J.A. y MELVILLE, C.P., (2002). Historical Seismicity and Tectonics: The Case of the Eastern Mediterranean and the Middle East. *International Handbook of Earthquake & Engineering Seismology, Part A*. Academic Press, p. 747-763.
- BAKUN, W.H. y WENTWORTH, C.M., (1997). Estimating earthquake location and magnitude from seismic intensity data. *Bull. Seism. Soc. Am.* 87, 1502-1521.
- GENTIL GOVANTES, P., (1989). El riesgo sísmico en Sevilla. *Univ. de Sevilla, Serie Arquitectura*, N° 11.
- FRANKEL, A., (1994). Implications of felt area-magnitude relations for earthquake scaling and the average frequency of perceptible ground motion. *Bull. Seism. Soc. Am.* 84, 462-465.
- JOHNSTON, A.C., (1996). Seismic moment assessment of earthquakes in stable continental regions. – III. New Madrid 1811-1812, Charleston 1886 and Lisbon 1755. *Geophys. J. Int.* 126, 314-344.
- MARTÍNEZ SOLARES, J.M., (2001). Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). *Instituto Geográfico Nacional, Monografía N° 19*. 756 pag.
- MARTÍNEZ SOLARES, J.M. y MEZCUA, J., (2002). Catálogo sísmico de la península Ibérica (880 a.C. – 1900). *Instituto Geográfico Nacional, Monografía N° 18*. 253 pag. + 1 mapa.
- MEZCUA, J. y MARTÍNEZ SOLARES, J.M., (1983). Sismicidad del area Ibero-Mogrebi. *Instituto Geográfico Nacional, Pub.* 203. 300 pag. + 1 mapa.
- MEZCUA, J., RUEDA, J.J. y GARCÍA BLANCO, R.M. (2002). A location revision and magnitude assignment from intensity data of historical earthquakes in Spain. Enviado a *Geophys. J. Int.*
- MUÑOZ, D. y UDIAS, A., (1980). Estudio de los parámetros y serie de réplicas del terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1884, y de la sismicidad de Granada-Málaga. En *El terremoto de Andalucía del 25 de diciembre de 1885*, Instituto Geográfico Nacional, p. 95-139.
- REY, G.C., (2000). Un posible gran terremoto en época tartésica. *Diario Huelva Información*, 27 de marzo de 2000.
- SUSAGNA, M.T. y GOULA, X., (1999). *Atles Sismic de Catalunya*. Vol. 1. Catalog de Sismicitat. Inst. Cartografic de Catalunya. 436 pag.
- YEATS, R.S. y PRENTICE, C.S., (1996). Introduction to special section: paleoseismology. *J. Geophys. Res.* 101, B3, 5847-5853.