

Sismicidad pre-instrumental. Los grandes terremotos históricos en España

Pre-instrumental seismicity. The great historical earthquakes in Spain

JOSÉ MANUEL MARTÍNEZ SOLARES^{1,2}

¹Instituto Geográfico Nacional, Gral. Ibáñez Ibero, 3 -28003 Madrid. E-mail: jmmsolares@fomento.es

²Dpto. Geofísica y Meteorología, Universidad Complutense, Ciudad Universitaria, Madrid.

Resumen España no representa un área de ocurrencia de grandes terremotos (magnitud superior a 7,0), a excepción de la actividad sísmica que sucede en la zona de fractura de Azores-Gibraltar, que conforma la parte más occidental de la conjunción entre las placas Euroasiática y Africana. A partir del fin de esta zona de fractura, una sismicidad más moderada se dispersa hacia el sur de Andalucía, Sureste y mar de Alborán y tiene una pequeña actividad localizada en los Pirineos y Galicia. Este trabajo muestra una selección de los terremotos más importantes ocurridos en los últimos 600 años, marcando un especial interés en el terremoto del 1 de Noviembre de 1755, que produjo varios miles de víctimas en Portugal, España y norte de África y daños económicos muy elevados. Actualmente, en España no se observa ninguna variación global de los parámetros de comportamiento de la sismicidad respecto a periodos anteriores y solamente en el periodo instrumental aparece en algunas zonas una actividad sísmica de baja magnitud en forma de series o enjambres.

Palabras clave: Grandes terremotos, península Ibérica, sismicidad, sismicidad histórica.

Abstract *Spain is not an area prone to great earthquakes (magnitude greater than 7.0) with the exception of the seismic activity in the Azores-Gibraltar fracture zone which makes up the western part of the junction between the Eurasian and African plate. From the end of this fracture, a more moderate seismicity is scattered towards Southern Andalusia, Southeastern Spain and the Alboran Sea and there is a small activity located in the Pyrenees and Galicia. In the context of the last 600 years seismicity, this paper deals with several earthquakes that have been selected due to their importance, focussing especially on the November 1, 1755 earthquake, which produced several thousands deaths in Portugal, Spain and Northern Africa and a great economic loss. At present, in the earthquake activity in Spain we can see no overall change in seismicity behavior parameters compared with preceding times and only in the instrumental period there is in certain areas some low-magnitude seismic activity forming series or swarms.*

Keywords: *Great earthquakes, Iberian Peninsula, seismicity, historic seismicity.*

INTRODUCCIÓN

La sismicidad, expresada como la distribución de los terremotos en el espacio, en el tiempo y/o por el tamaño, viene 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, desde hace miles o cientos de miles de años hasta la actualidad. Así, podemos referirnos inicialmente a la paleosismicidad, o el periodo más lejano en el tiempo en el que los terremotos son analizados e interpretados mediante la geología como única fuente disponible.

Masana et al. (2011), en este mismo volumen, describen esta disciplina, y analizan los resultados que se están obteniendo en nuestro país.

Posteriormente estaría la llamada arqueosismicidad, donde las técnicas serían las mismas que se utilizan en arqueología, pudiendo estar complementadas, ya sea con la geología o bien con textos antiguos, más o menos contemporáneos con el suceso. 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), evidencias de despoblamiento rápido a causa de un posible terremoto en el castro asturiano de

Grandas de Salime hacia el siglo II d.C. (http://www.parquehistorico.org/images/recursos/documentos/documento_5.pdf), o los trabajos realizados en Baelo Claudia, en la provincia de Cádiz (Silva et al., 2009; Giner-Robles et al., 2011).

A continuación contemplamos la sismicidad histórica que comprendería aproximadamente hasta el año 1900, inicio de los primeros sismógrafos, si bien la podemos ampliar hasta 1920, donde al menos los terremotos más grandes empiezan a ser calculados instrumentalmente, por lo que podemos denominar este periodo también como pre-instrumental. Su información provendría fundamentalmente de los textos escritos como consecuencia de los daños producidos. Otras divisiones posteriores completarían el total temporal hasta la actualidad. La primera división se podría calificar como periodo intermedio, compuesto por datos macrosísmicos y registros instrumentales, siendo su intervalo entre los años 1921 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 1985, año en el que se inicia la red sísmica en tiempo real, con datos instrumentales y complementados con información macrosísmica. Este último periodo llegaría hasta el año 2000 en el que se inicia la actual red sísmica digital de banda ancha. No obstante, estas divisiones no son excluyentes y cada una participa de las metodologías de las otras.

En el análisis 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.

EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN SÍSMICA

Los datos principales que caracterizan los terremotos del periodo histórico o pre-instrumental son: fecha, intensidad macrosísmica y localización epicentral. No obstante, esta información en algunos sismos puede ser ampliada, añadiéndose otro tipo de datos de gran utilidad. En cualquier caso, los terremotos históricos no tienen magnitud calculada, puesto que para ello sería necesario disponer

de instrumentación sísmica y por tanto la cuantificación del tamaño del terremoto debe hacerse mediante algún parámetro que se defina a partir de los daños que se producen.

El parámetro que evalúa los efectos es la intensidad macrosísmica, definida según la escala EMS-98 (Escala Macrosísmica Europea de 1998) en doce grados de I a XII. La intensidad es por tanto discreta sin valores decimales y, en cierto modo, puede tener alguna subjetividad debido a que para su asignación se utilizan criterios cualitativos. Sin embargo, la intensidad puede reflejar de forma mucho más explícita que la magnitud el tamaño del terremoto, ya que informa sobre los efectos que ha producido en las personas, en la naturaleza o en los edificios y construcciones en general. Esta característica puede ser apreciada si comparamos un terremoto de elevada magnitud pero con un hipocentro a una gran profundidad que produce pocos daños, con otro terremoto muy superficial y de baja magnitud, en el que los daños pueden ser catastróficos.

Aunque como hemos afirmado anteriormente para los terremotos pre-instrumentales no se les puede calcular directamente la magnitud, no obstante existen metodologías que permiten estimarla a partir de la distribución espacial de la intensidad macrosísmica en el área epicentral como la recogida en la figura 1, correspondiente al terremoto del año 1504 con epicentro en Carmona (Sevilla). Por esta razón, como veremos posteriormente, algunos de los terremotos históricos tienen una magnitud asociada. Macau y Figueras (2011), en este mismo volumen, explican detalladamente qué es la intensidad sísmica, cómo se mide y de qué factores depende.

Fig. 1. Mapa de información macrosísmica del terremoto de 5 de abril de 1504 localizado en Carmona (Sevilla) (según Martínez Solares y Mezcua, 2002).

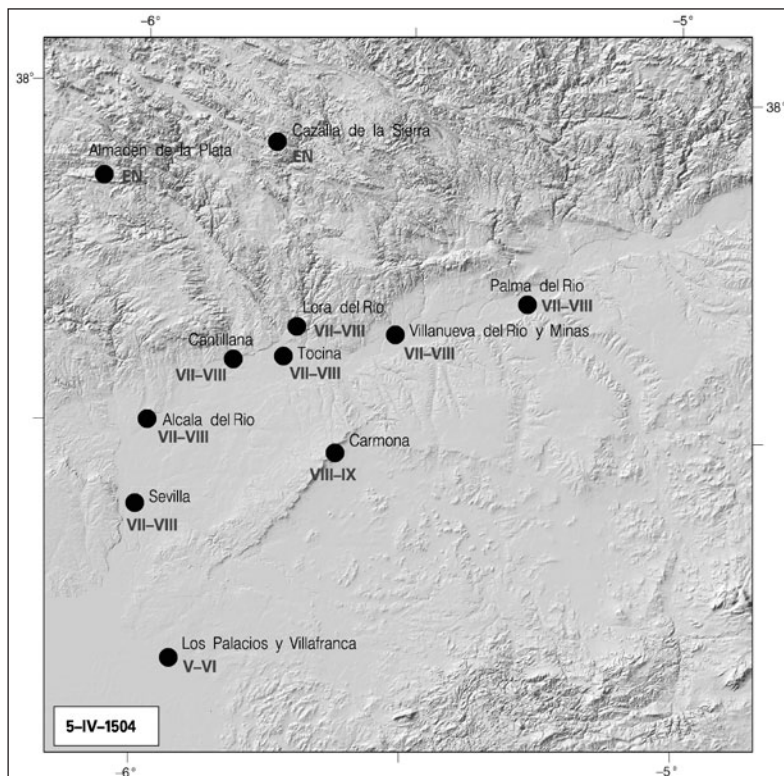


Tabla I. Relación de los terremotos más importantes de la península Ibérica.

*Entre paréntesis magnitud estimada

FECHA	LOCALIZACIÓN	COORDENADAS	INTENSIDAD MÁXIMA	MAGNITUD*
1048	Orihuela (Alicante)	38° 05' N - 0° 55' W	VIII	
1169	Andújar (Jaén)	38° 00' N - 4° 00' W	VIII-IX	
1356-ago-24	SW. Cabo San Vicente	36° 30' N - 10° 00' W	VIII	
1373-mar-2	Ribagorça (Lleida)	42° 30' N - 0° 45' E	VIII-IX	
1396-dic-18	TavernesValldigna (Valencia)	39° 05' N - 0° 13' W	VIII-IX	(6,5)
1427-may-15	Olot (Girona)	42° 12' N - 2° 30' E	VIII-IX	
1428-feb-2	Queralbs (Girona)	42° 21' N - 2° 10' E	IX-X	
1431-abr-24	Sur de Granada	37° 08' N - 3° 38' W	VIII-IX	(6,7)
1494-ene-26	Sur de Málaga	36° 35' N - 4° 20' W	VIII	
1504-abr-5	Carmona (Sevilla)	37° 23' N - 5° 28' W	VIII-IX	(6,8)
1518-nov-9	Vera (Almería)	37° 14' N - 1° 52' W	VIII-IX	
1522-sep-22	W. Alhama de Almería	36° 58' N - 2° 40' W	VIII-IX	(6,5)
1531-sep-30	Baza (Granada)	37° 32' N - 2° 44' W	VIII-IX	
1644-jun-19	Muro de Alcoy (Alicante)	38° 48' N - 0° 25' W	VIII	
1658-dic-31	Almería	36° 50' N - 2° 28' W	VIII	
1680-oct-9	NW. Málaga	36° 48' N - 4° 36' W	VIII-IX	(6,8)
1748-mar-23	Estubeny (Valencia)	39° 02' N - 0° 38' W	IX	(6,2)
1755-nov-1	SW. Cabo San Vicente	36° 30' N - 10° 00' W	X	(8,5)
1804-ago-25	Dalías (Almería)	36° 46' N - 2° 50' W	VIII-IX	(6,4)
1806-oct-27	Pinos Puente (Granada)	37° 14' N - 3° 44' W	VIII	
1829-mar-21	Torre Vieja (Alicante)	38° 05' N - 0° 41' W	IX-X	(6,6)
1884-dic-25	Arenas del Rey (Granada)	36° 57' N - 3° 59' W	IX-X	(6,5)
1954-mar-29	Dúrcal (Granada)	37° 00' N - 3° 36' W	V	7,0
1956-abr-19	Albolote (Granada)	37° 11' N - 3° 41' W	VII-VIII	5,0
1969-feb-28	SW Cabo San Vicente	35° 59' N - 10° 49' W	VII	7,8

Fig. 2. Distribución de epicentros en la península Ibérica con magnitud igual o superior a 3,5. Los círculos abiertos corresponden a los grandes terremotos históricos no instrumentales relacionados en la tabla I.

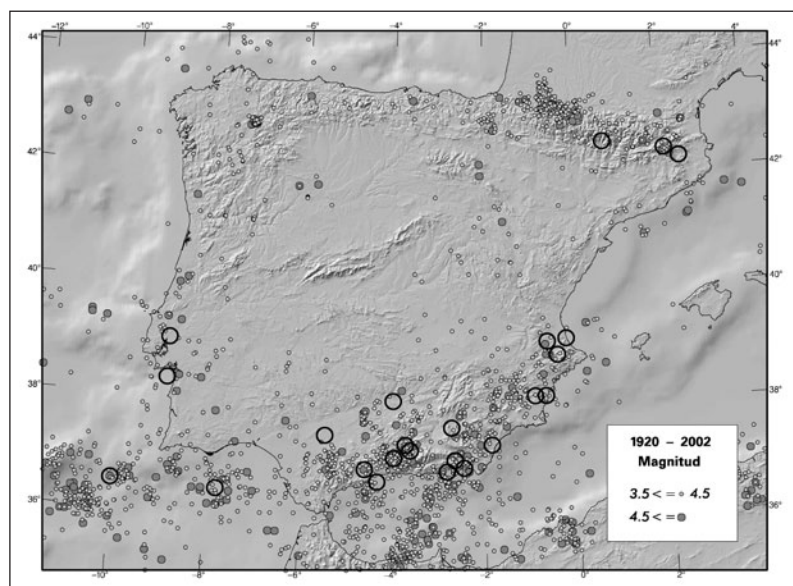
LOS GRANDES TERREMOTOS OCURRIDOS EN LA PENÍNSULA IBÉRICA

Desde un punto de vista tectónico, al estar la península Ibérica situada en el borde entre las placas tectónicas Eurasiática y Africana, la sismicidad de España peninsular, excluyendo las islas Canarias,

debe contemplarse conjuntamente con el resto de Iberia y norte de África, incluyendo además las zonas marítimas próximas del mar Mediterráneo y del océano Atlántico. En consecuencia, los catálogos sísmicos recogen toda esta sismicidad, toda vez que pueden ser determinantes en la peligrosidad sísmica de algunas regiones del sur-sureste de España. En la tabla I se relacionan los terremotos ocurridos en la península Ibérica y zonas próximas con intensidad sísmica igual o superior a VIII. Información adicional puede ser consultada en la página web del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es>).

La distribución espacial de la sismicidad se puede apreciar en la figura 2, donde se muestran los epicentros correspondientes al periodo instrumental entre 1920 y 2002 con magnitud igual o superior a 3,5, conjuntamente con los terremotos no instrumentales relacionados en la tabla I.

De la relación de la tabla I, vamos a hacer una breve exposición de los terremotos que consideramos más relevantes, ya sea por las circunstancias que acompañaron al suceso, algunas de ellas un tanto curiosas, o bien por haber afectado una zona importante. En Martínez Solares y Mezcuca (2002) se puede encontrar una bibliografía completa de cada uno de ellos.



Terremoto de 1518, 9 de noviembre, Vera (Almería)

Este terremoto tuvo intensidad entre VIII y IX, produciendo 150 muertos en Vera y otros 15 en Mojácar. Los daños fueron muy graves e incluso de destrucción, por lo que la ciudad de Vera, con edificios de gran vulnerabilidad, quedó reducida a escombros. Esta circunstancia planteó la necesidad de trasladarla a un lugar más adecuado. Dado su carácter medieval y musulmán estaba ubicada en una colina, por lo que se planificó su traslado hasta un emplazamiento llano, de acuerdo con la tendencia general en las ciudades más modernas. Es muy posible que la ubicación en una colina pudiera acentuar los daños debido al efecto topográfico, originado éste por una concentración de la energía sísmica (ver Figueras y Macau, 2011, para una explicación detallada de este fenómeno).

Por orden del emperador Carlos I, en 1519 se redactó un informe sobre cómo se debía reedificar la ciudad, aunque la principal justificación se basaba en motivos estratégicos debido a la inseguridad e indefensión ante el posible ataque desde el norte de África. Según señala Villanueva Muñoz (1986) la nueva ciudad debía tener un trazado regular, calles rectas y cruzadas perpendicularmente, configurándose alrededor de una calle principal, una serie de secundarias y bordeada por un perímetro defensivo, aunque todo estuvo condicionado por los criterios militares y defensivos antes señalados (Fig. 3).

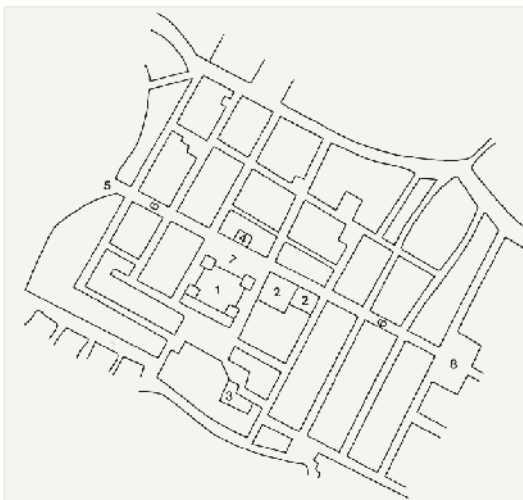


Fig. 3. Plano de la reconstrucción de Vera como consecuencia del terremoto de 1518 (según Villanueva Muñoz, 1986).

Desde el punto de vista de los seguros, puede resultar también curiosa la condición expresada para realizar las obras en un documento contemporáneo del terremoto localizado en el Archivo Municipal de Vera (López Marinas, 1977): “Es condición que si por causa del tiempo o terremotos o tempestades de muchas aguas o por fuerza de moros fuera derribado cualquier cosa de la obra o por detenerse las pagas sea a costa del rey y de la ciudad y no a costa del maestro y que ello las pierdan y no el dicho maestro”.

Terremoto de 1531, 30 de septiembre, Baza (Granada)

Este terremoto está localizado entre Baza y Benamaurel, únicos lugares donde se dispone de información macrosísmica. La intensidad en ambos pueblos fue de VIII-IX y la hora de ocurrencia de fenómeno, 4 de la madrugada, hizo que el número de víctimas fuese elevado, contabilizándose 310 muertos (Olivera, 1995). En Baza el terremoto afectó a la Alcazaba, la muralla, las iglesias y las casas, de las que se arruinaron 966, el 61% del total, quedando muchas calles y plazas llenas de escombros. Respecto a Benamaurel, de 250 casas que tenía solo quedaron en pie 6, quedando hundido el templo parroquial.

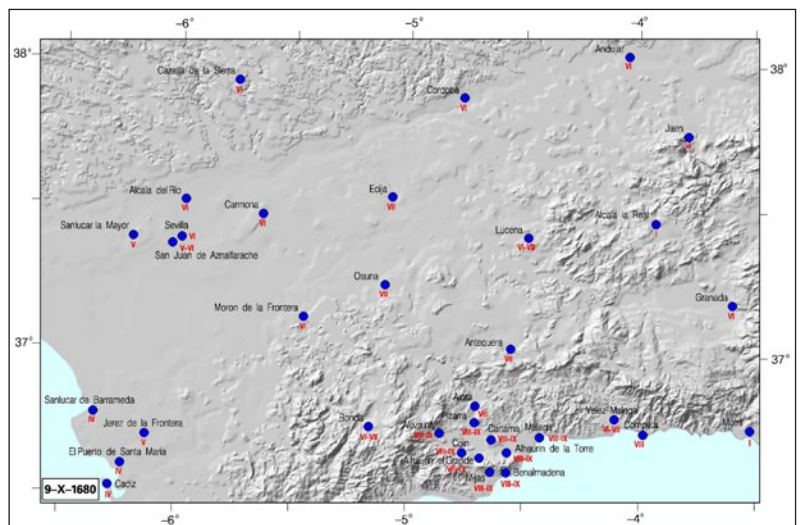
Terremoto de 1680, 9 de octubre, NW de Málaga

Con epicentro situado en las proximidades de Alhaurín el Grande, el sismo afectó notablemente a la ciudad de Málaga donde la población hubo de refugiarse en la playa y fue sentido en la mayor parte de Andalucía (Fig. 4), extendiendo su percepción a ciudades tan alejadas como Madrid y Valladolid. En Málaga destruyó 852 casas (19,8%), quedando 1.259 (29,3%) inhabitables, 2.035 muy dañadas (el 47,4 %) y solo el 3,5% intactas (150 casas). En Alhaurín el Grande fueron demolidas 122 viviendas, el 51 % del total. Se contabilizaron 70 víctimas mortales y 250 heridos, y sus efectos en la naturaleza fueron importantes con grietas en el terreno y variaciones en el caudal de las fuentes y manantiales (Goded, 2006).

Terremoto de 1748, 23 de marzo, Estubeny (Valencia)

Este terremoto de intensidad IX y magnitud estimada 6,2 se denominó durante mucho tiempo como el “sismo de Montesa” dado que esta ciudad fue casi destruida. Sin embargo, mucha parte del daño estuvo en realidad ocasionado por la caída de las ruinas del castillo sobre las casas del pueblo y, por tanto, el epicentro macrosísmico ha sido desplazado en los nuevos catálogos sísmicos. De este suceso se dispone de una exhaustiva cuantificación de los

Fig. 4. Mapa de información macrosísmica del terremoto de 1680 (según Martínez Solares y Mezcuza, 2002).



daños y de las víctimas, aunque no ha sido posible contar con documentación referente a la reedificación de los edificios destruidos. El valor de reposición de los daños en Montesa (Valencia) se cuantificó en 116.377,5 libras (Alberola, 1995).

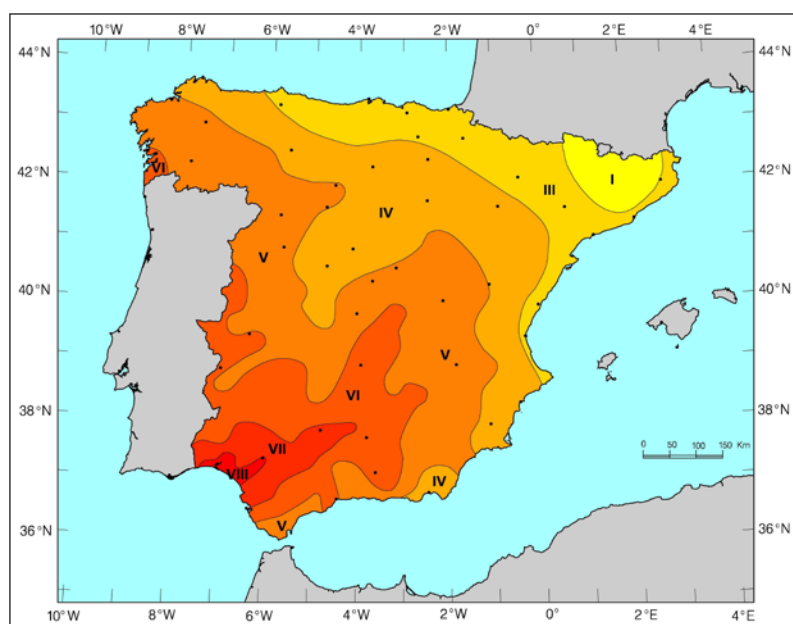
Algún informe contemporáneo escrito al mes siguiente de ocurrido el terremoto nos permite esbozar una pequeña aproximación. Sobre la ciudad de Montesa señala que estaba fundada sobre un monte donde se había construido el castillo, además de una iglesia y un convento y apunta a la mala calidad del terreno. Respecto a la iglesia, el documento también hace referencia a la deficiente construcción de la época describiendo *“la desmesurada elevación de sus paredes principales, con una pesadísima bóveda, y careciendo de los correspondientes estribos.... fue causa de que con más facilidad la derribase el terremoto, lo que con bastante probabilidad no hubiese sucedido si los hubiese tenido buenos”*.

Terremoto de 1755, 1 de noviembre, SW Cabo San Vicente

Este sismo ha sido uno de los más extraordinarios que han sucedido en época reciente, por supuesto en Europa, pero también a nivel mundial. Como consecuencia de la catástrofe, el rey de España en 1755, Fernando VI de Borbón, ordenó una encuesta en los pueblos más importantes del reino sobre los efectos y daños sufridos por la catástrofe, contestando desde 1273 localidades, lo que ha supuesto un excepcional documento para cuantificarlo.

Este gran terremoto de magnitud estimada 8,5, ocurrido el 1 de Noviembre de 1755, día de Todos los Santos, coincidió con la hora de la misa mayor en España y Portugal, causando un enorme impacto en su época ya que fue sentido en la totalidad de la península Ibérica y noroeste de África, así como en algunos lugares del resto de Europa occidental,

Fig. 5. Mapa de isosistas del terremoto de Lisboa de 1755 correspondiente a España peninsular (según Martínez Solares, 2001).



tales como la zona sur de Francia y el norte de Italia, percibiéndose también, levemente, en lugares tan alejados como Hamburgo. Se estima que el área total afectada por el movimiento sísmico estuvo alrededor de los 9 millones de kilómetros cuadrados. Asimismo, al tratarse de un terremoto de elevada magnitud, hubo un gran número de réplicas que se prolongaron durante un año.

Debido a que fue en la ciudad de Lisboa donde ocasionó los mayores daños, a causa sobre todo del incendio que se generó, este gran sismo se conoce como terremoto de Lisboa, a pesar de estar su epicentro situado en el océano Atlántico, a una distancia de varios cientos de kilómetros de esta ciudad, al SW del Cabo de San Vicente. El número total de víctimas se ha exagerado mucho; autores actuales lo cifran hasta en 70.000 personas, mientras que seguramente no superó los 12.000 muertos. En España el número real de muertos también es confuso aunque sí parece cierto que el maremoto produjo muchas más muertes que el propio temblor. El terremoto causó 61 víctimas mientras que por el maremoto o tsunami produjo 1.214, aunque muy posiblemente ésta última cifra fue superior ya que los cuerpos de muchos desaparecidos no se recuperaron.

Los mayores daños ocurrieron lógicamente en las ciudades más próximas al epicentro. En Sevilla un documento contemporáneo relata la siguiente estadística: 25% de casas arruinadas del todo, 25% con grandes daños, 25% con reparos de menor valor, 25% solo con desconchados. Igualmente, la ciudad de Huelva sufrió también muchos daños: un 49% de las casas lastimadas, un 29% inhabitables y un 22% caídas. En el mapa de isosistas de la figura 5 se puede apreciar cómo se distribuyó la intensidad sísmica en la España peninsular (Martínez Solares, 2001, 2005).

Sin embargo, fue el maremoto el acontecimiento natural relacionado con la catástrofe sísmica que mayor impacto produjo en la población y el que produjo el mayor número de víctimas. El fuerte movimiento del mar parece que fue perceptible a lo largo del océano Atlántico, desde el este al oeste. En el Cabo de San Vicente, punto terrestre más próximo al epicentro, la altura de la ola alcanzó los 15 metros según algunos documentos, si bien este valor parece algo exagerado. En relación con el tiempo que tardó en llegar a las costas españolas después de ocurrido el terremoto, existe una gran variedad de observaciones, desde los 30 minutos que tardó en llegar a Lepe (Huelva) hasta las dos horas y cuarto a Corcubión (La Coruña). También existen referencias de que se percibió en las Islas Azores, Madeira y Canarias, incluso en Brasil y en las Islas Antigua, Barbada y Martinica. En Europa, hay referencias de este evento en Cornualles (Inglaterra).

También se produjeron numerosos efectos en la naturaleza, tales como grietas en el terreno, deslizamientos de ladera (ver Delgado, 2011, en este mismo

volumen) o licuefacción. Asimismo, se observaron cambios en el nivel de agua de los pozos y un aumento y/o disminución del caudal de los manantiales.

Otro suceso asociado al terremoto que también llama la atención es la observación de efectos luminosos en el cielo. Estos sucedieron en la madrugada anterior al terremoto y han sido descritos en los documentos como si se tratase de un cometa o exhalación de fuego que estuvo en el cielo durante algunos minutos. Por las características no parece tratarse de un fenómeno meteorológico y por la hora de ocurrencia y la distancia de los lugares de observación al epicentro nos inclinamos por considerarlo como el paso de un cometa o el choque de un meteorito contra la atmósfera terrestre.

Terremoto de 1806, 27 de octubre, Pinos Punte (Granada)

El periodo sísmico de 1806 se inició en la vega de Granada el 27 de octubre con un fuerte terremoto que ocasionó grandes estragos en varias pueblos de la zona, en particular en Santa Fe y Pinos-Puente, ya que de las 1.322 casas existentes, 94 quedaron arruinadas, 1.110 quebrantadas y solamente 118 sin daño. El sismo ocasionó 13 víctimas mortales y le sucedieron numerosas réplicas que finalizaron en diciembre del año siguiente.

Como consecuencia de este terremoto y tal y como había ocurrido en otras ocasiones, hubo muchas discusiones entre los ilustrados de la época tratando sobre el origen de los terremotos y la forma de defenderse contra ellos. Existe un exhaustivo informe redactado al año siguiente por Sempere (1807), fiscal de la Chancillería de Granada. El documento relata la polémica sobre la conveniencia de abrir el llamado Pozo-Ayron, situado dentro de la ciudad y que había sido construido en época

musulmana como remedio contra los terremotos al permitir la salida de los aires subterráneos. Después de muchas discusiones técnicas, el Ayuntamiento rechazó el proyecto no abriéndose el pozo. Asimismo, dado el conocimiento científico que se tenía, llegaron a defenderse otras ideas peregrinas, como los “paratemblores”, similares a los pararrayos, que consistían en unas varas largas de hierro puntiaguadas clavadas en la tierra cuyo objetivo, dado el origen eléctrico de los terremotos (teoría entonces en boga), era detenerlos.

En cualquier caso, también se redactaron informes más técnicos como el titulado *Sobre el modo de construir las casas en los sitios propensos a terremotos*, incluido en el trabajo de Sempere sobre los terremotos de Granada. En él se atribuyen los daños al terreno “*cenagoso, flojo y desigual*” sobre el que está asentada la ciudad de Santa Fe y también a la mala construcción de sus casas “*de tapias de tierra sin machos de ladrillos, ni buena trabazon en las maderas de sus suelos y tejados*”.

Terremoto de 1829, 21 de marzo, Torre Vieja (Alicante), 6,6 Mw

Con una intensidad máxima de IX-X (EMS), este terremoto arruinó completamente, entre otros, los pueblos de Torre Vieja, Almoradí, Rojales, Guardamar del Segura y Benejúzar, ocasionando 389 víctimas mortales. Produjo licuefacción (ver Delgado, 2011, en este mismo volumen), grietas en el terreno y también se observó alteración en el caudal de las fuentes.

Un informe técnico posterior realizado por el ingeniero Larramendi (1829) (Fig. 6) concluyó que las ciudades destruidas debían ser reconstruidas con una planta nueva. Larramendi aconsejó que se realizase con regularidad y espaciosidad, con calles de

PUEBLOS.	CASAS			Iglesias.	Puentes.	Muertos.	Heridos.	Caballe- rias.	MOLINOS		
	soladas.	quebran- tadas.	Respira- doras.						de aceite.	de harina.	Ermitas.
Rojales.....	319	81	32	1	.....	30	34	14	.....	.....	.....
Guardamar.....	397	132	38	1	1	8	14	11	2	1	1
Benejúzar.....	237	.....	29½	1	1	80	50	11	.....	.....	.....
Torre Vieja.....	534	.....	.....	1	.....	32	67	36	.....	2	1
Formentera.....	78	.....	41½	2	.....	12	16	4	1	1	.....
Daya nueva.....	27	6	3	1	.....	2	1	5	2	1	.....
Daya vieja.....	1	14	358	1	.....	5	1	.....	.....	.....	.....
Almoradí.....	388	69	16	2	1	192	150	118	.....	.....	4
San Felipe Neri.....	16	10	.....	1	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....
Puebla de Rocamora.....	4	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....
San Fulgencio.....	59	76	256	1	.....	1	3	8	.....	.....	.....
Callosa.....	32	274	2761	.....	.....	1	.....	3	13	.....	1
San Francisco de Asís del Molar.....	21	.....	.....	.....	.....	.....	.....	3	.....	.....	.....
Jacarilla.....	2	14	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....
Algorfa.....	24	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....	.....	.....	.....
Bigastro.....	11	22	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	1	.....
Benjúzar.....	71	10	17	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
Rafal.....	5	38	48	1	.....	2	6	16	1	.....	.....
Orihuela y su partido.....	668	1358	30	.....	.....	19	30	21	67	2	3
Dolores.....	29	267	3424	1	.....	5	4	11	.....	1	.....
Benferri, Molins, Redovan, El- che, Cox, Cranja, Catral y Albatera.....	20	17	17	1	.....	.....	1	4	.....	.....	.....
TOTAL.....	2965	2396	7141	47	4	389	375	267	86	10	10

Fig. 6. Resumen de las pérdidas ocasionadas por el terremoto de Torre Vieja de 1829 (fuente: Larramendi, 1829). Cortesía de G. Canales.

un ancho de al menos 40 pies (12 metros) y las principales de 50 pies (15 metros). Pone como ejemplo que si bien en Torrevieja el terremoto fue más fuerte que en Almoradí, en el primero hubo proporcionalmente menos muertos ya que sus calles eran anchas y las casas bajas, todo lo contrario del segundo, donde éstas eran estrechas y altas. Por otro lado, al analizar la reconstrucción de Torrevieja, se planteó el efecto de suelo al considerarse por algunos la necesidad de trasladar la ciudad a una nueva ubicación situada a poco más de media legua (aproximadamente 3 km) ya que en ese lugar no habían caído las casas. Al final, motivos económicos decidieron reedificar la ciudad en el mismo lugar.

Respecto a las casas, el informe señala que debían tener solamente un piso, con una altura comprendida entre los 12 y 15 pies (» 3,5-4,5 metros). También añadió como elemento de seguridad, que las casas debían disponer de corral, de forma que la gente al sentir el terremoto pudiese fácilmente refugiarse en él o salir a la calle. Para su construcción aconsejaba que la fábrica fuese de mampostería, debiéndose emplear mucha “maderación” muy bien trabada. En este punto el ingeniero Larramendi ya habló sobre el concepto “moderno” de la sencillez como norma general en las construcciones sismorresistentes. Aunque se trate de una fotografía relativamente reciente, en la figura 7 podemos apreciar cómo se urbanizaron después del terremoto las calles de Almoradí, con calles rectas y perpendiculares, siguiendo los consejos de Larramendi.

Terremoto de 1884, 25 de diciembre, Arenas del Rey (Granada)

Este terremoto es conocido como el de Andalucía y puede ser considerado como el último gran terremoto ocurrido en España. Se contabilizaron 839 víctimas entre las provincias de Granada y Málaga y el coste de los daños económicos se estimaron en 5.826.028 pesetas de la época (Muñoz y Udías, 1980). En ambas

Fig. 7. Fotografía aérea de Almoradí.

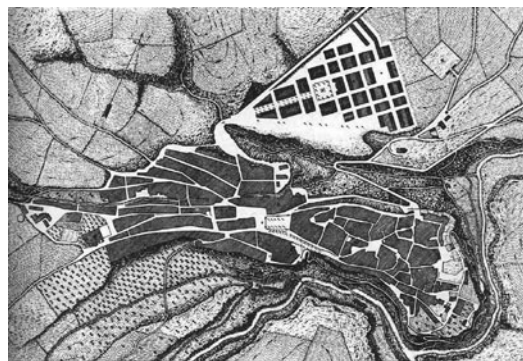
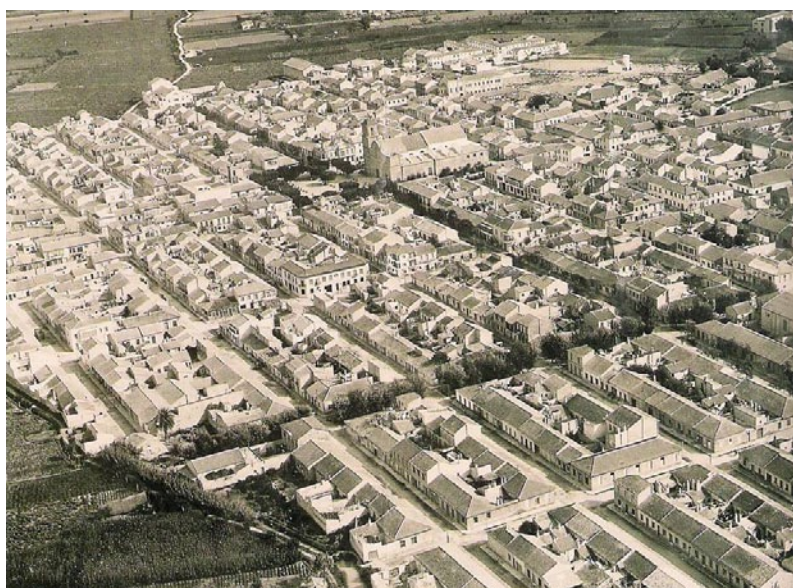


Fig.8. Plano de Alhama de Granada con la ubicación del nuevo barrio (López Arroyo et al., 1980).

provincias se destruyeron un total de 4.400 edificios y daños de diferente gravedad en otros 13.000. Como fenómenos asociados se observaron desprendimientos y grietas en el terreno, licuefacción y alteración en el caudal de las fuentes y manantiales.

El Comisario Regio nombrado al efecto por el rey Alfonso XII, fue el encargado directamente de la reconstrucción de aquellas poblaciones en las que más de cuarenta viviendas habían sido destruidas. Estos pueblos fueron lógicamente los más próximos al epicentro: Arenas del Rey, Albuñuelas, Alhama, Periana y Zafarraya. Un caso curioso es el de Güejar, que a pesar de situarse a mayor distancia (está próximo a la capital de provincia) sufrió daños, pero por la reactivación de un deslizamiento (ver detalles en Delgado, 2011, en este mismo volumen). Para la elección del emplazamiento de las nuevas casas se tuvieron en cuenta las causas que habían contribuido al daño, como la estabilidad del terreno, pendientes máximas del cinco por ciento y sobre todo que no hubiese sido afectado gravemente por el terremoto. Las iglesias, escuelas y casas consistoriales se ubicaron en nuevas plazas dado su mayor tamaño y para la anchura de las calles se estableció un mínimo de diez metros (Fig. 8).

Las características de las nuevas construcciones fueron diseñadas como consecuencia de las carencias detectadas que habían ocasionado los daños. La altura de las nuevas edificaciones se limitó a dos plantas (Fig. 9). Se dotó a las nuevas casas de una buena cimentación, ya que se constató la casi nula

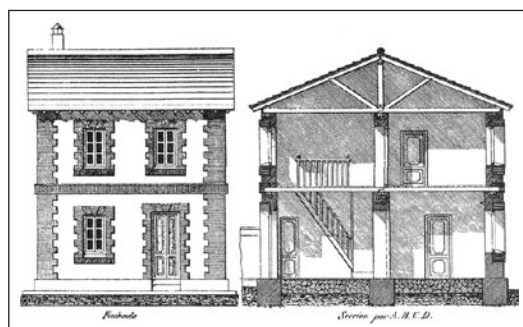


Fig. 9. Diseño de nuevas viviendas para la reconstrucción de los pueblos destruidos por el terremoto de Andalucía de 1884 (Lopez Arroyo et al, 1980).

existencia de la misma previa al terremoto, siendo además su profundidad superior a la altura aparente del edificio. También se hizo una elección adecuada de los materiales y se procedió a un control riguroso de la ejecución. Su superficie estaba entre los 40 y 150 metros cuadrados y costaron entre las 1.500 y 5.100 pesetas de la época. Estas nuevas viviendas no fueron entregadas por la Comisaría Regia hasta dos años y medio después de ocurrido el terremoto.

Terremoto de 1954, 29 de marzo, Dúrcal (Granada)

La característica notable de este terremoto de gran magnitud 7,0 no radica en los daños que produjo, sino por todo lo contrario: no causó ningún efecto dañino si descontamos el susto percibido por algunas personas. Su profundidad de 650 km, límite máximo de posible ocurrencia de terremotos debido a las propiedades elásticas del manto terrestre, hizo que la amplitud del movimiento del suelo en la superficie estuviese muy atenuada, limitándose a una percepción relativamente leve para las personas. Desde el punto de vista sismotectónico, este sismo a tan elevada profundidad plantea muchas dudas interpretativas respecto a la configuración tectónica del sur de la península, encontrando en la literatura sismológica diferentes teorías de su génesis. Posteriormente se han registrado otros cinco terremotos en la misma zona con hipocentro a igual profundidad: 1973 (m 4,0), 1990 (m 4,8), 1993 (m 3,9), 2004 (m 2,1) y 2010 (m 6,2).

Terremoto de 1956, 19 de abril, Albolote (Granada)

Tampoco este sismo de magnitud 5,0 es demasiado significativo a no ser por los efectos que produjo. La mala calidad de las edificaciones ocasionó en Albolote, de un total de 900 casas, la destrucción de 7, ruinosas quedaron 50, otras 300 inhabitables

y 350 con grietas. En Atarfe, de un total de 1.500 casas, se destruyeron 10, ruinosas 200, 600 con daños graves y otras 600 con daños menores. Los muertos fueron 11 de los cuales 4 fueron causados por un deslizamiento de tierras (Vidal, 1986). En la figura 10 se puede observar el daño que produjo el sismo en una vivienda de Albolote. Un informe detallado de este terremoto se encuentra en la página web del Instituto Andaluz de Geofísica (<http://www.ugr.es/~iag>), en su apartado de Información y Divulgación, en uno de los bloques dedicados a Terremotos Históricos en Andalucía.

Terremoto de 1969, 28 de febrero, SW Cabo San Vicente

Éste ha sido el último gran terremoto (magnitud 7,3) sentido ampliamente en la península Ibérica y Marruecos. Su epicentro estuvo localizado al SW del Cabo de San Vicente produciendo un ligero maremoto que fue registrado por los mareógrafos. La intensidad máxima sentida fue de VII, registrándose algunos daños en la provincia de Huelva. Las víctimas mortales fueron 19, de los cuales 4 fueron en España causadas por el pánico.

CONCLUSIONES

En función de su tamaño, los terremotos más significativos que han sucedido en la península Ibérica se pueden dividir en dos tipos:

1) Grandes terremotos. Agruparía a los terremotos localizados en la zona de fractura Azores-Gibraltar con magnitudes superiores a 7.0 y capaces de generar daños en la península Ibérica. Estos terremotos estarían muy espaciados en el tiempo con periodos de recurrencia superiores a los 200 años.



Fig. 10. Fotografía de los daños en Albolote (Granada) causados por el terremoto de 1956.

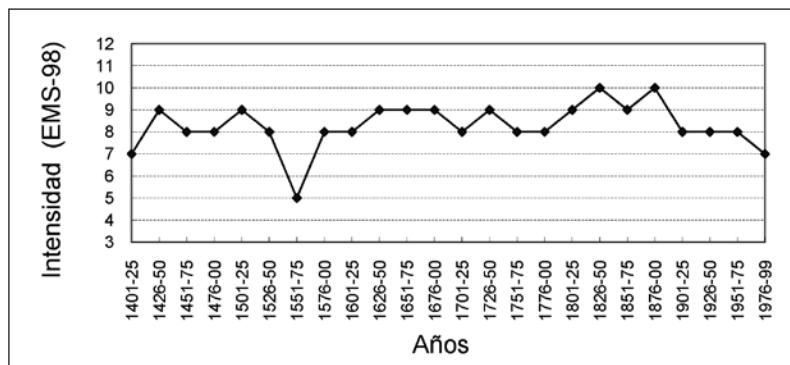


Fig. 11. Distribución de las intensidades máximas sentidas en los últimos 600 años en periodos de 25 años.

A este tipo pertenecerían los sismos de 1755 y 1969.

II) Terremotos destructivos. Esta categoría definiría los terremotos de magnitud entre 5,0 y 7,0 que producen daños más o menos graves en zonas del sur y sureste de la península y los Pirineos. En esta categoría estarían la mayoría de los sismos de carácter destructor que hemos descrito en el apartado anterior.

La evolución de la sismicidad a lo largo de los últimos 600 años, descartando los grandes terremotos de la zona de fractura Azores-Gibraltar, puede ser observada a partir de la distribución de la intensidad en el tiempo. La figura 11 representa la distribución de los valores máximos de intensidad en intervalos de 25 años. Apreciamos como valores más normales las intensidades VIII y IX, existiendo unos máximos de X que se corresponden con los terremotos de 1829 (Torre Vieja, Alicante) y 1884 (Terremoto de Andalucía). Resalta también la ausencia en los últimos 100 años de terremotos superiores a VIII, circunstancia que sin embargo ya había sucedido anteriormente entre los siglos XVI y XVII.

BIBLIOGRAFÍA

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.

Canales, G. (ed.) (1999). La catástrofe sísmica de 1829 y sus repercusiones. Excma. Diputación Provincial de Alicante, 355 p.

Delgado, J. (2011). Los efectos geotécnicos de los terremotos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 276-288.

Giner-Robles, J.L., Silva Barroso, P.G., Pérez-López, R., Rodríguez-Pascua, M.A., Bajardí Azcárate, T., Garduño-Monroy, V.H. y Lario Gómez, J. (2011). *Evaluación del daño sísmico en edificios históricos y yacimientos arqueológicos. Aplicación al estudio del riesgo sísmico*. Proyecto EDA-SI. Serie Investigación. Fundación MAPFRE; 96 p.

Goded Millan, T. (2006). *Reevaluación de daños de los terremotos de Málaga de 1494 y 1680*. Dpto. de Geofísica y Meteorología, Univ. Complutense de Madrid, 155 p.

Larramendi, J.A. (1829). *Memoria y relación circunstanciada de los estragos que la terrible catástrofe de los terre-*

mos de 21 de marzo y siguientes, principalmente, el del Sábado Santo 18 de abril hasta el presente día, han causado en Torre Vieja y demás pueblos de la gobernación de Orihuela y sus inmediaciones, en la ciudad de Murcia y algunos pueblos de la provincia de este nombre. Madrid, Imprenta Real, 24 p.

López Arroyo, A., Martín Martín, A.J. y Mezcua Rodríguez, J. (1980). *El terremoto de Andalucía. Influencia en sus efectos de las condiciones del terreno y del tipo de construcción*. En: *El terremoto de Andalucía de 1884*. Inst. Geográfico Nacional, p. 5-94.

López Marinas, J.M. (1977). Sismo de 9 de noviembre de 1518 en Vera (Almería). Hidroeléctrica Española, Informe interno. 8 p.

Macau, A. y Figueras, S. (2011). La intensidad, una herramienta para medir los terremotos a partir de sus efectos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 261-266.

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.

Martínez Solares, J.M. (2005). Los tsunamis en el contexto de la Península Ibérica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13.1, 52-59.

Martínez Solares, J.M. (2001). Los efectos en España del terremoto de Lisboa (1 de noviembre de 1755). Instituto Geográfico Nacional, Monografía 19. 756 p.

Martínez Solares, J.M. y Mezcua, J. (2002). *Catálogo sísmico de la península Ibérica (880 a.C. - 1900)*. Instituto Geográfico Nacional, Monografía 18. 253 p. + 1 mapa.

Muñoz, D. y Udías, 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, 95-139.

Olivera, C. (1995). *Geografía y poblamiento*. En: *Sismicidad Histórica del Reino de Granada (1487-1531)*, Instituto Geográfico Nacional, 37-283.

Rey, G.C. (2000). Un posible gran terremoto en época tartésica. *Diario Huelva Información*, 27 de marzo de 2000.

Sempere, J. (1807). Reflexiones sobre los terremotos de Granada. Real Academia de la Historia, Ref. 9/5210, 416-453.

Silva, P.G., Reicherter, K., Grützner, Ch., Bardají, T., Lario, J., Goy, J.L., Zazo, C. y Becker-Heidmann, P. (2009). Surface and subsurface palaeoseismic records at the ancient Roman city of Baelo Claudia and the Bolonia Bay area, Cádiz (south Spain). *Geological Society of London, Special Publication*, 316, 93-121.

Vidal Sánchez, F. (1986). *Sismotectónica de la región Béticas-Mar de Alborán*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 457 p.

Villanueva Muñoz E.A. (1986). La planificación urbana de Vera tras el terremoto de 1518 forma y significado. *Roel: Cuadernos de civilización de la cuenca del Almanzora*. N. 7/8, p.127-143. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 3 de septiembre de 2011 y aceptado definitivamente para su publicación el 12 de octubre de 2011.