

SISMICIDAD Y PELIGROSIDAD SÍSMICA EN LA PROVINCIA DE JAÉN

Por *José Antonio Peláez Montilla*

Escuela Politécnica Superior de Jaén. Universidad de Jaén.

Por *Carlos López Casado*

Facultad de Ciencias. Universidad de Granada.

INTRODUCCIÓN

EL estudio de la sismicidad y peligrosidad sísmica de la provincia de Jaén, parte del conocimiento de la sismicidad global de la región sísmica a la que pertenece. Dentro del contexto de la Tectónica de Placas, nuestra provincia se encuentra en la región que abarca la separación entre las placas Euro-Asiática y Africana, formando parte de la delimitación entre la subplaca Ibérica y la placa Africana, dentro del ámbito Ibero-Mogrebí, y más concretamente, en el dominio geológico conocido como Cordilleras Béticas.

Desde el punto de vista sísmico, esta provincia, dentro del marco de las Cordilleras Béticas, presenta una actividad muy baja, siendo una excepción los terremotos semidestructivos que se produjeron durante el año 1951, en los cuales se llegó a alcanzar en algunos puntos la intensidad VIII de la escala MSK (ver *Apéndice*). Por otra parte, terremotos de las otras provincias próximas han dejado sentir sus efectos en ella, por lo que la peligrosidad sísmica de Jaén debe evaluarse teniendo en cuenta no sólo su propia sismicidad, sino la de la región que la rodea.

Matizando aún más esto último (la importancia de los terrenos que se localizan fuera de una región en relación con los efectos que sobre ella producen), vamos a citar como ejemplo más significativo, el terremoto de Lisboa del 1 de noviembre de 1775, producido en la zona sísmica, de la anteriormente mencionada delimitación de placas, conocida como falla Azores-Gibraltar (al SW del Cabo de San Vicente). Está catalogado con in-

intensidad máxima X, lo que implicaría el que de no haber sido su foco marino, la intensidad epicentral hubiera alcanzado posiblemente el máximo grado de la escala MSK, el grado XII. En este sentido, cálculos actuales de la magnitud de este terremoto lo sitúan entre los que han alcanzado uno de los valores más altos de todos los acaecidos en todo el mundo hasta la fecha. Fue acompañado de un maremoto que asoló la costa lisboeta, llegando en total a producir más de sesenta mil muertos, de los cuales alrededor de doscientos lo fueron en España. Toda la Península Ibérica sintió sus efectos, así como la costa NW africana y buena parte del continente europeo. En España, llegó a sentirse con intensidad VIII en Huelva, Cádiz y Sevilla. Nuestra provincia, en su totalidad, sintió la sacudida con grado VI, pudiendo sentirse el grado VII, posiblemente, en los límites de ésta con la de Córdoba.

La provincia de Jaén, como hemos indicado, es una de las zonas con menor sismicidad de la península. Así, tal y como muestra la *figura 1*, dentro de nuestro ámbito (Andalucía y área Ibero-Magrebí), la sismicidad de Jaén es comparable a la de las provincias de Córdoba y Huelva (aunque esta última se ve muy afectada por la actividad sísmica de la falla Azores-Gibraltar), ligeramente menor que las de Cádiz y Sevilla, y lejos de la que llega a producirse en las de Málaga, Almería o Granada. Esta última provincia citada es una de las de mayor actividad y peligrosidad sísmica de España. Aun así, se han producido en Jaén diversos terremotos relativamente importantes. Es por esto que hemos querido que la provincia jiennense conozca su sismicidad y potencial peligrosidad frente a este tipo de fenómenos.

Para realizar nuestro estudio partiremos de los terremotos reseñados en el catálogo del Instituto Geográfico Nacional (I.G.N.) de Mézcua y Martínez Solares (1983), completado hasta el año 1992, así como de la información sobre sismicidad obtenida de diversos trabajos de investigación (Galbis Rodríguez, 1932; Bonelli y Esteban Carrasco, 1953; Rey Pastor, 1955; etc.). Para la evaluación de la peligrosidad sísmica seguiremos la metodología introducida por Gumbel (1954) y que con anterioridad ya fue utilizada para predicciones de fenómenos meteorológicos catastróficos, especialmente en riadas. De las diversas técnicas que siguen esta metodología, aquí utilizaremos las que recientemente hemos aplicado para calcular la peligrosidad sísmica de la provincia de Granada (López Casado et al., 1994), la de Alicante (López Casado et al., 1988) y la Comunidad Autónoma Valenciana (Giner et al., 1992).

Al final de este trabajo hemos querido incluir como apéndice la escala de intensidades MSK (Medvedev, Sponheuer y Karnik), adoptada en Espa-

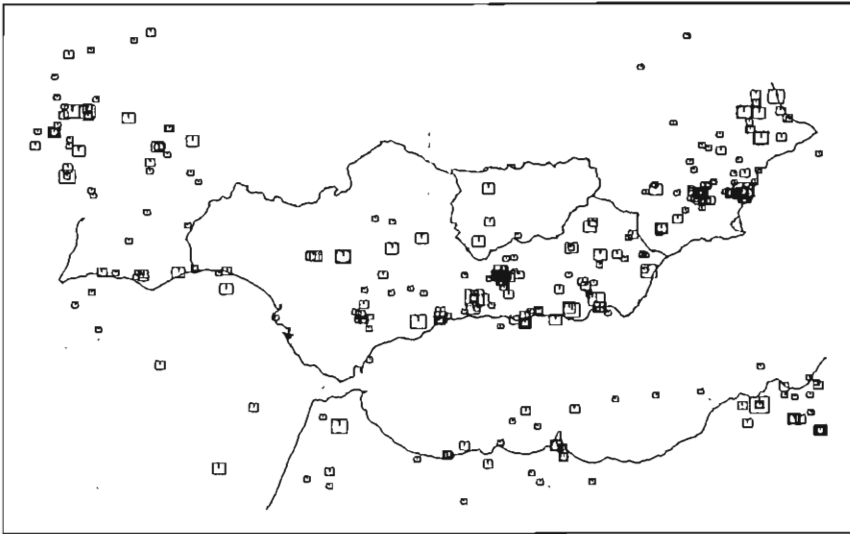


Figura 1.—Terremotos con intensidad (escala MSK) superior o igual a VI localizados en el área Ibero-Magrebí.

ña oficialmente desde 1974 y utilizada para describir los efectos que produce un terremoto. Junto con la escala MM (Mercalli Modificada) son las más utilizadas en todo el mundo. Servirá como referencia para que el lector compruebe los efectos que produjo un determinado terremoto de los que se citarán a continuación, así como para que considere las consecuencias que tendrá un terremoto futuro en la población y edificaciones cuando estemos la peligrosidad de la provincia.

SISMICIDAD HISTÓRICA

Una de las principales dificultades con que nos encontramos cuando queremos realizar estudios de sismicidad de una zona, especialmente cuando nos remontamos a terremotos que se produjeron hace cientos de años, es la carencia de información real sobre los mismos, unas veces referida al tamaño del terremoto, otras a los daños producidos, y otras, a su misma localización. Vamos a tratar los terremotos más interesantes (por el nivel de información real que de ellos tenemos) producidos antes del año 1910; desde el punto de vista de la sismicidad, a esta época se la denomina época histórica. Son los terremotos de los que únicamente tenemos reseña documental, ya que aun no se poseían instrumentos de registro (sismógrafos) que nos pudieran facilitar información acerca de la localización exacta del terremoto (epicentro) o energía liberada en éste (magnitud Richter).

Citaremos, tanto los que se produjeron en nuestra provincia como los que no (pero fueron sentidos en Jaén), como en los que aun sin disponer de suficientes datos, ha habido autores que han citado efectos significativos que indican que posiblemente se notaran en distintas poblaciones de la provincia.

Terremoto de Andújar de 1169

Según cita Galbis Rodríguez (1932), la Crónica de los Almohades de Abensáhibasala nos informa de lo siguiente: «a primeros del año 565 de la Hégira ocurrieron terremotos en Andalucía, teniéndose noticia de que se sintieron en Andújar, Córdoba, Granada y Sevilla en el mes de Chumada; en muchos pueblos se derrumbaron casa y torres de mezquitas». El I.G.N. lo fecha el 18 de febrero de este año, dando como localización del mismo las coordenadas geográficas 04°03.0'W y 38°03.0'N (Andújar).

Evidentemente, es muy posible que el terremoto no tuviera por epicentro esta población, y que se la cite en la anterior crónica junto a Córdoba, Granada y Sevilla por ser una importante ciudad de la Andalucía árabe en la que se sintieron los efectos de este terremoto. Se necesitaría una mayor recopilación de datos históricos para poder determinar más claramente la importancia y localización de este evento. De cualquier forma, parece evidente que tuvo que ser sentido en toda la provincia de Jaén.

Terremoto de Atarfe (Granada) de 1431

Este terremoto es uno de los más cuestionados en lo que respecta a su tamaño y localización. Ha sido localizado por el I.G.N. con coordenadas geográficas $03^{\circ}40.0'W$ y $37^{\circ}15.0'N$ el día 24 de abril de este año (intensidad máxima IX). Estudios posteriores (Espinar y Quesada, 1991), que lo desdoblan en dos terremotos, uno en Atarfe de intensidad VIII y otro en Ciudad Real (basándose en la confusión de la transcripción de las fechas del calendario árabe actual y a que, en el mismo año, pero en diferente fecha sintiera el rey D. Juan II un terremoto en Ciudad Real), así como nuestras propias investigaciones, basadas en que este terremoto se sintió en Granda, Ciudad Real y las provincias de Murcia y Alicante, nos conducen a no fijar la localización de este terremoto, pero sí a considerar que se debió de sentir claramente en toda la provincia de Jaén.

Terremotos de Jaén de 1712

Comenzando con una sacudida sísmica el 2 de febrero, se sintió en Jaén una serie de terremotos que terminó el 21 de mayo, habiendo reseña de unos dieciséis. El I.G.N. les asigna como epicentro las coordenadas $03^{\circ}48.0'W$ y $37^{\circ}48.0'N$ (Jaén), no teniéndose constancia de la intensidad de estas sacudidas. Se ha de notar que no debieron ser importantes, aunque se necesitaría de nuevo realizar un análisis histórico de los efectos. Como es natural, dieciséis terremotos aunque no importantes, en un plazo de aproximadamente cuatro meses, alarman a la población. Debido a esto, seguramente, es por lo que son citados.

Terremoto de Lisboa de 1755

Es el terremoto más importante que se ha hecho notar en nuestro entorno (*figura 2*). Como se dijo en la introducción, alcanzó grado X de intensidad, estando localizado al SW del Cabo de San Vicente, en las coordenadas $10^{\circ}W$ y $37^{\circ}N$ (coordenadas aproximadas), produciéndose el

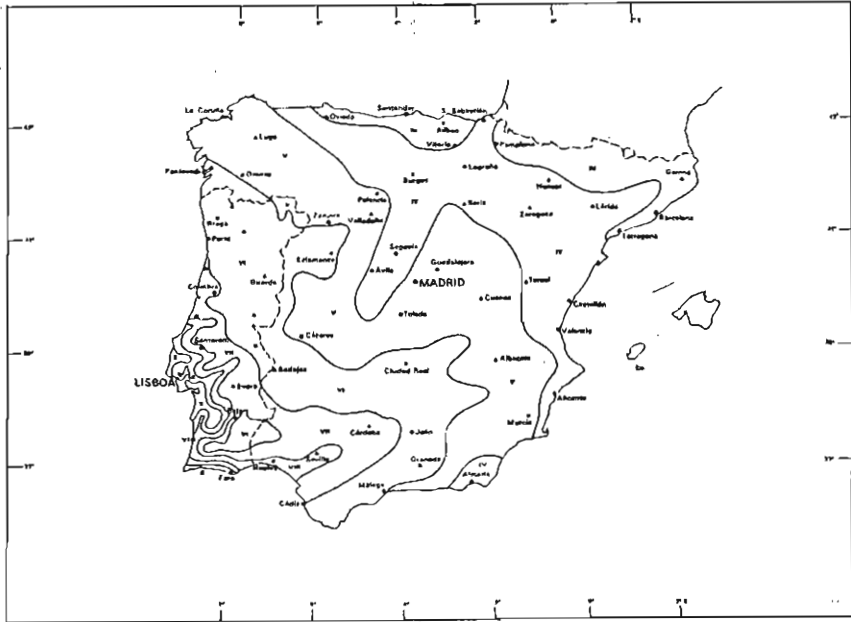


Figura 2.—Mapa de isosistas del terremoto de Lisboa (1755). Realizado por Mezcua (1982) y basado en los trabajos de Pereira de Sousa (1915) y Martínez Solares et al. (1979).

1 de noviembre. Se le ha dado el nombre de terremoto de Lisboa por ser esta la población donde los daños fueron mayores. Prácticamente toda la provincia de Jaén sufre un VI de intensidad.

Puesto que no hay muchas referencias sobre los efectos que produjo en nuestra provincia, nos limitaremos a mencionar algunos de los que se sintieron en nuestra vecindad (en Jaén debieron ser parecidos a los que se citan a continuación que se notaron en la provincia de Granada). En Córdoba se sintió la sacudida poco después de las 10 horas, siendo bastante violenta, seguida un cuarto de hora después por otra menos importante (siguieron sintiéndose pequeños terremotos, breves y poco violentos, durante muchos días después). No se produjeron daños personales, pero causó grandes daños materiales a edificios. En Granada, en cambio, no fueron grandes los efectos, produciendo sólo algunos destrozos en ciertos pueblos de la provincia y cierta alarma. Huelva y Cádiz, debido a su proximidad al epicentro, fueron las provincias españolas que más daños sufrieron, experimentando el maremoto que se produjo. En Cádiz llegaron a destruir las olas algunos puntos de la muralla de la ciudad, invadiendo el agua la población.

Terremoto de Arenas del Rey (Granada) de 1884

Su epicentro se localiza en las coordenadas geográficas $3^{\circ}59.0'W$ y $36^{\circ}57.0'W$. Conocido como el terremoto de Andalucía, con intensidad epicentral X, tanto él como sus réplicas más energéticas debieron ser sentidas en toda la provincia de Jaén. En la zona Sur de la misma, la más cercana al epicentro, las intensidades sentidas llegaron a alcanzar el grado V. Quizás, el efecto más significativo de este terremoto en nuestra provincia fue la mayor duración de las sacudidas en función de su mayor distancia al epicentro.

Terremoto de Jaén de 1985

El 18 de febrero se produjo un terremoto al que el I.G.N. le asigna intensidad VII, localizándolo en las coordenadas geográficas $3^{\circ}48.0'W$ y $37^{\circ}48.0'N$. Sin embargo, Galbis Rodríguez (1932) cita: «hubo un temblor de tierra en Torre del Campo y pequeñas sacudidas en Alhama de Granada». Debido a la proximidad geográfica entre Jaén y Torre del Campo es normal que se confunda la localización en una época en la que no existen instrumentos de medición sísmicos. Sin embargo, es muy significativo el hecho de que aparezca reseñado el nombre de la ciudad más pequeña en éste, lo que induce a pensar que el terremoto pudiera estar localizado en esta se-

gunda población. Otra posibilidad es que este terremoto fuera una de las réplicas de los terremotos de 1884 de Arenas del Rey sentida en Jaén.

SISMICIDAD INSTRUMENTAL. SERIE SÍSMICA DE 1951

En la época instrumental (*figuras 3 y 4*), el número de terremotos reseñado en los catálogos es mucho mayor que en la época histórica, ya que los sismógrafos registran hasta el más mínimo temblor de tierra, aunque éste pase desapercibido para la población. Como la información macrosísmica que se posee de estos terremotos es sólo importante cuando son de gran tamaño, presentamos de una forma compacta, en la *Tabla I*, aquellos terremotos localizados dentro de la provincia de Jaén cuya intensidad ha sido igual o superior a V o su magnitud (escala Richter) igual o superior a 4.0. Dentro de la época instrumental centraremos nuestra atención, por su importancia, en la serie sísmica del año 1951, de la cual nos vamos a ocupar a continuación. El resto de terremotos que se muestra en la *Tabla I* no son lo suficientemente importantes como para comentarlos, especialmente si los comparamos con los de dicha serie.

TABLA I

TERREMOTOS CON INTENSIDAD (ESCALA MSK) SUPERIOR O IGUAL A V O MAGNITUD (ESCALA RICHTER) SUPERIOR O IGUAL A 4.0 CON EPICENTRO EN LA PROVINCIA DE JAÉN DURANTE EL SIGLO XX

Población	Año	Fecha	Hora	I	m
Linares	1909	28 de noviembre	—	V	—
Huelma	1944	21 de diciembre	04 ^h 35 ^m	VI	4,0
Huelma	1945	5 de junio	15 ^h 21 ^m	V	4,1
Linares	1951	10 de marzo	10 ^h 39 ^m	VIII	4,8
Alcaudete	1951	19 de mayo	15 ^h 54 ^m	VIII	5,1
Larva	1951	22 de mayo	05 ^h 35 ^m	V	4,4
Pegalajar	1971	18 de junio	21 ^h 14 ^m	—	4,3
Mancha Real . .	1978	28 de diciembre	21 ^h 31 ^m	—	4,3
Génave	1985	10 de abril	00 ^h 36 ^m	IV	4,3
B. Moraleda . .	1987	11 de marzo	00 ^h 37 ^m	V	4,3

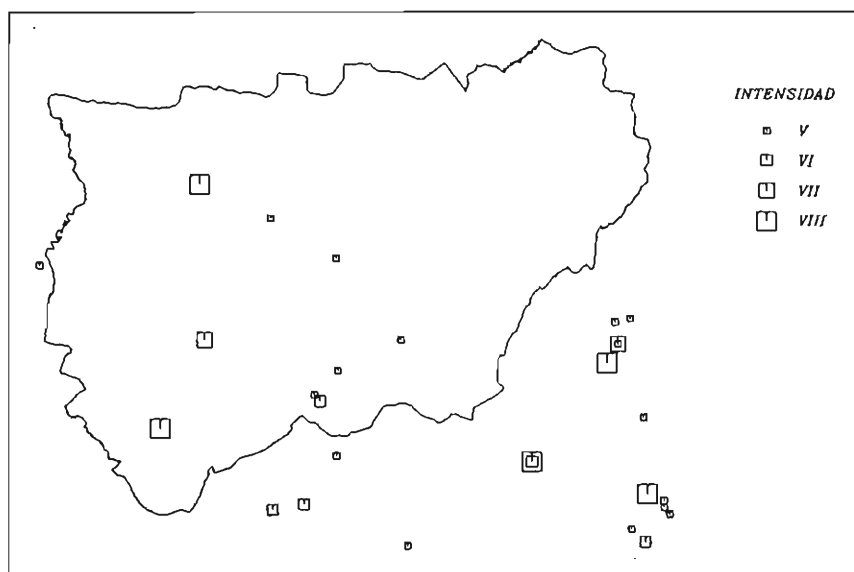


Figura 3.—Terremotos con intensidad (escala MSK) superior o igual a V localizados en la provincia de Jaén y su entorno próximo.

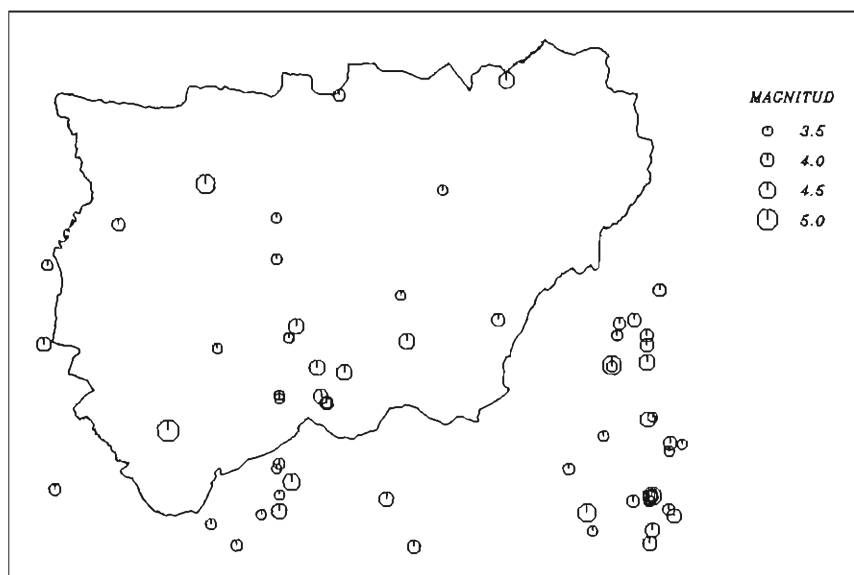


Figura 4.—Terremotos con magnitud (escala Richter) superior o igual a 3.5, localizados en la provincia de Jaén y su entorno próximo.

Durante este año, en el NE de la Depresión del Guadalquivir se desarrolló una importante actividad, hasta tal punto que, siendo la provincia de Jaén una región normalmente asísmica, en 1951 fue la provincia española con mayor número de terremotos con intensidad superior a III. Desde el 10 de marzo hasta el 25 de septiembre se produjeron ochenta y nueve sacudidas (Rey Pastor, 1955), siendo las más importantes la del 10 de marzo, a las $10^{\circ}39''$, con epicentro en Linares (figura 5), y la del 19 de mayo, a las $15^{\circ}54''$, localizada en Alcaudete (figura 6), ambas de intensidad VIII (Bernal et al., 1981, les conceden únicamente intensidad VII). En el Observatorio Sismológico de Cartuja (Granada), se registraron cerca de cien terremotos, a distancias comprendidas entre 50 y 100 km de este observatorio, la mayoría de los cuales pertenecen a dicha serie sísmica (Vidal, 1986).

Cerca de una veintena de terremotos fueron sentidos por distintas poblaciones de nuestra provincia durante este año. El I.G.N. le asigna intensidades a catorce de ellos (dos de intensidad VIII, uno de intensidad V, cuatro

TABLA II

TERREMOTOS LOCALIZADOS POR BONELLI Y ESTEBAN CARRASCO (1953) CORRESPONDIENTES A LA SERIE SISMICA DE 1951

Población	Fecha	Latitud N	Longitud W	Prof. (Km.)
Linares	10 marzo	$38,1^{\circ}$	$3,6^{\circ}$	117
Puerto Onítar (Granada).	10 marzo	$37,4^{\circ}$	$3,6^{\circ}$	85
Santa Elena	15 marzo	$38,3^{\circ}$	$3,5^{\circ}$	98
Las Sacedillas	7 abril	$38,4^{\circ}$	$3,2^{\circ}$	96
Linares	4 mayo	$38,1^{\circ}$	$3,6^{\circ}$	87
Cabra (Córdoba)	8 mayo	$37,5^{\circ}$	$4,4^{\circ}$	85
Alcaudete	19 mayo	$37,6^{\circ}$	$4,1^{\circ}$	140
Peal de Becerro	22 mayo	$37,9^{\circ}$	$3,1^{\circ}$	135
Larva	22 mayo	$37,8^{\circ}$	$3,2^{\circ}$	95
Cambil	29 mayo	$37,7^{\circ}$	$3,6^{\circ}$	15
Jaén	30 mayo	$37,8^{\circ}$	$3,8^{\circ}$	73
Sierra Mágina	7 junio	$37,7^{\circ}$	$3,5^{\circ}$	107
Torreblascopedro	12 junio	$38,0^{\circ}$	$3,6^{\circ}$	69
Embalse de Pedro Marín	1 julio	$37,9^{\circ}$	$3,3^{\circ}$	57
Monte Lope Alvarez ..	23 agosto	$37,7^{\circ}$	$4,1^{\circ}$	—
Villamanrique (CR.) ..	25 sept.	$38,5^{\circ}$	$3,0^{\circ}$	140

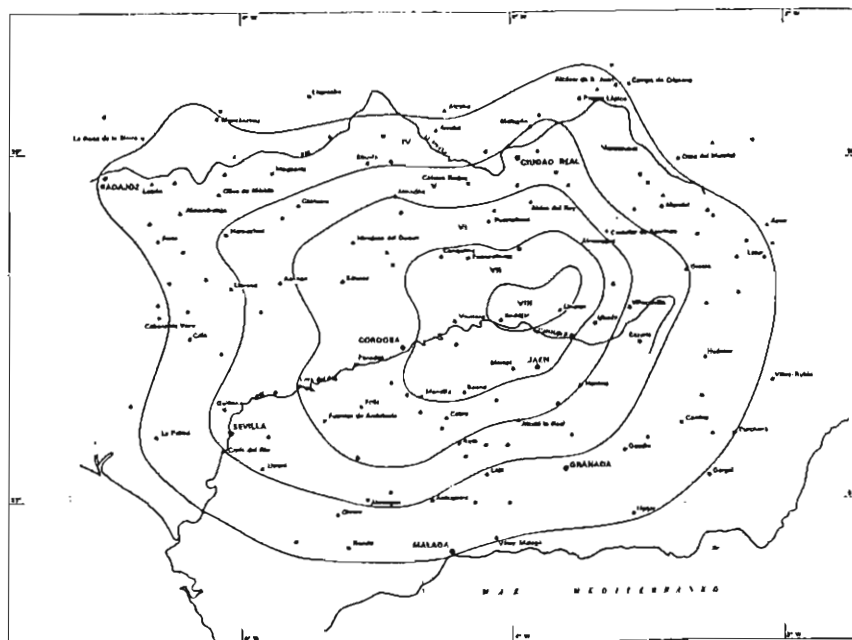


Figura 5.—Mapa de isosistas del terremoto de Linares (1951). Realizado por Mezcua (1982).

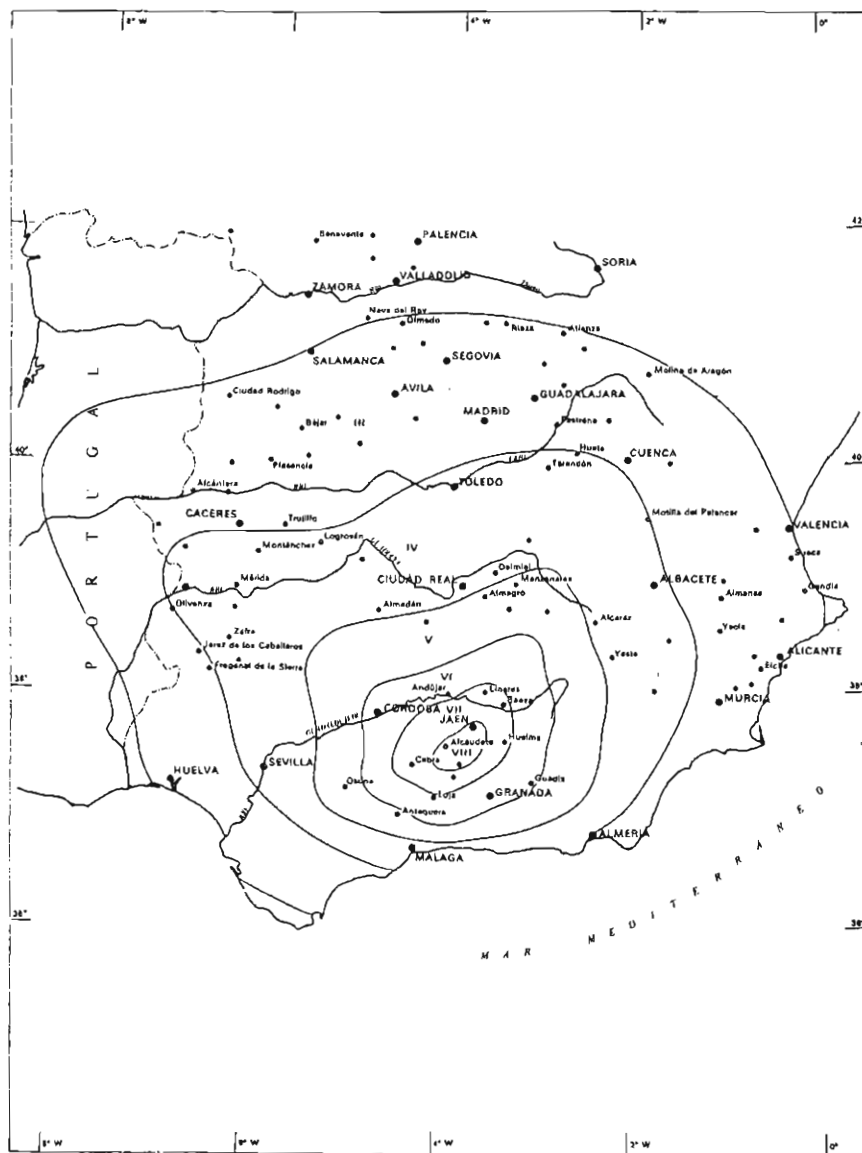


Figura 6.—Mapa de isosistas del terremoto de Alcaudete (1951). Realizado por Mezcua (1982).

de intensidad IV y siete de intensidad III) y magnitud a dieciséis (uno de magnitud comprendida entre 2.0 y 3.0, doce entre 3.0 y 4.0, dos entre 4.0 y 5.0, y uno con magnitud superior a 5.0). Con respecto a las localizaciones epicentrales, citaremos el trabajo de Bonelli y Esteban Carrasco (1953), en el que localizan dieciséis terremotos registrados con al menos cuatro sismógrafos (*Tabla II*).

La controversia mayor en relación a las características de estos terremotos radica en su profundidad (hipocentro). Varios autores los sitúan con profundidades entre 50 y 100 kilómetros, en clara contradicción con la revaluación realizada por el I.G.N., que aunque no les asigna profundidad, los considera superficiales (Martínez Solares, 1990); superficiales se consideran aquellos terremotos localizados a una profundidad inferior a 20 km. En este sentido cabe destacar que, por un lado, los mapas de isosistas de los terremotos más energéticos de esta serie tienen una morfología típica de terremotos de profundidad no superficial, siendo además sentidos en el centro de la península (en Madrid con grado II-III), formada por materiales perfectamente consolidados y asísmicos. De no ser cierto esto, esta morfología debería ser achacada a una lenta atenuación de la energía sísmica en esta región, suposición esta bastante razonable debido al tipo de materiales que se encuentran en esta parte de la Depresión del Guadalquivir.

En la publicación de Bernal et al. (1991), se exponen los efectos macrosísmicos producidos por estos dos terremotos y registrados por los diarios de esta época. Citaremos a continuación lo que estos periódicos hacen notar sobre los efectos de los dos sucesos principales. Comenzaremos por los comentarios que realizan los diarios *ABC*, *Córdoba*, *Ideal* y *Jaén* de lo sentido en la ciudad de Linares el día 10 de marzo.

Terremoto del 10 de Marzo (Linares)

ABC, 11 de Marzo de 1951

«La trepidación ha producido grietas en muchas casas y han quedado derribadas buen número de chimeneas. Algunos mineros han manifestado que en el fondo de las minas el fenómeno produjo un fortísimo ruido. El vecindario de este pueblo jiennés abandonó sus domicilios. La población se lanzó a la calle totalmente aterrorizada y cayeron algunas techumbres, agrietándose varios edificios».

Córdoba, 11 de Marzo de 1951.

«Alrededor de las doce menos veinte, se sintió en esta población un fuerte temblor de tierra en dirección Oeste-Este. Su trepidación ha producido grietas y desconchados en muchas casas y han quedado derrumbadas buen número de chimeneas. Su duración ha sido de unos cinco segundos con dos intensidades. La primera fuerte y la segunda de gran intensidad».

Ideal, 11 de Marzo de 1951

«Un fuerte temblor de tierra se ha sentido en esta población a las doce menos veinte de la mañana con dirección Sur-Norte y enorme trepidación. De algunos edificios se han agrietado y se han caído las chimeneas. La duración del fenómeno fue de cinco segundos en dos sacudidas. La primera fuerte y la segunda todavía de mayor intensidad. Todo el vecindario se lanzó a la calle asustado. Los mineros que se encontraban en el fondo de las minas realizando sus trabajos, notaron enormes ruidos y grandes movimientos de tierra. En la mayor parte de los comercios de la ciudad, los objetos que estaban colgados en las vitrinas, cayeron al suelo. Según noticias que se reciben de Viletes, pueblo cercano a Linares, se han derrumbado allí por completo una ermita y también una muralla del tiempo de los moros, fortísima la cual ha quedado hecha pedazos».

Jaén, 11 de Marzo de 1951

«Alrededor de las doce menos veinte se sintió en esta población un fuerte temblor de tierra en dirección Oeste-Este. Su trepidación ha producido grietas y desconchados en muchas casas y han quedado derribadas buen número de chimeneas. Su duración ha sido de unos cinco segundos con dos intensidades, la primera fuerte, y la segunda de gran intensidad. El vecindario, alarmado, abandonó sus domicilios. Algunos mineros han manifestado que en el fondo de las minas el fenómeno produjo un fortísimo ruido».

Además de en Linares, los anteriores diarios citan efectos producidos también en las poblaciones de Alcalá la Real (se abrieron grietas en la iglesia de la Consolación, se desprendieron piedras de la torre de la iglesia de San Antón, etc.), Alcaudete (hundimiento de una parte del tejado de la iglesia del Carmen, hundimiento de la ermita de la Virgen de la Fuensanta, etc.), Baena, en Córdoba (se derrumbó el edificio de Telefónica, se hundió el cuartel de la Guardia Civil, amenaza ruina el Asilo de la Madre de Dios y el Casino, etc.), La Carolina (causó graves desperfectos en el Palacio Municipal, etc.), Montefrío, en Granada (grandes desperfectos en el castillo, grietas en la clave del gran arco central de la iglesia de la Encarnación, etc.), Vilches (se ha derrumbado por completo una ermita y una muralla morisca, etc.), así como en otras localidades.

De nuevo, observaremos lo comentado, en este caso por los diarios *ABC* e *Ideal* sobre lo ocurrido el 19 de mayo en las ciudades de Alcalá la Real, Jaén y Montefrío (Granada).

Terremoto del 19 de Mayo (Alicante)

ABC, 20 de Mayo de 1951

Alcalá la Real: «Se derrumbó el ángulo de unos torreones del llamado castillo de la Mota, dejando al descubierto las escaleras interiores. También se han caído grandes piedras de otros torreones. La cúpula de la torre de la iglesia de San Antón, también se ha derrumbado... También se hundió un paredón de la plaza de toros, y en la iglesia de la Consolación se produjeron grietas y desperfectos».

Jaén: «El movimiento sísmico duró unos 12 ó 14 segundos. Minuto y medio después se reprodujo el fenómeno pero con menos intensidad. El pánico fue general, lanzándose a la calle el vecindario e incluso huyendo al campo familias enteras... La bóveda central del templo catedralicio se agrietó y amenaza ruina, ya que en la sacudida de Marzo había sufrido también desperfectos... Cayó uno de los grandes pináculos o piñas que adornan la parte alta de una de las torres, y así mismo, de la torre de la parroquia de San Ildefonso se desprendieron dos enormes piedras de más de media tonelada de peso. También se ha hundido parte de la casa número 5 del callejón de San Benito. Algunos otros edificios, generalmente de construcción antigua, se han agrietado».

Ideal, 19 de Mayo de 1951

Alcalá la Real: «A consecuencia del fuerte movimiento sísmico de la tarde de hoy, un albañil fue despedido del andamio en que trabajaba, produciéndose en la caída fractura de la pierna derecha. La techumbre de la casa de Gabriel Albacini, en el Camino Nuevo, ha sufrido grandes desperfectos. La torreta de la veleta en la iglesia de San Antón, cayó sobre la casa colindante... Los escombros atravesaron la techumbre de la casa hasta la cocina. También en la iglesia de la Consolación se han desprendido numerosos yesones de las bóvedas. Un torreón y parte de otro del castillo, se han desprendido».

Jaén: «Minutos antes de las cinco de la tarde se ha sentido en esta capital y en toda la provincia un fuerte movimiento sísmico de doce segundos de duración y de gran violencia. El movimiento se repitió, con menos intensidad, un minuto después. El pánico fue general en la capital y el vecindario salió a la calle y plazas. No faltaron algunas familias que huyeron al campo, en prevención de que se repitiesen los movimientos. El templo catedralicio ha sufrido graves desperfectos. Se ha agrietado la

bóveda central y ha caído una de las grandes piñas o pináculos, de unos 2 metros de altura, que adornaba la parte alta de una de las torres, y amenazan desprenderse otras. En la torre de la parroquia de San Ildefonso, que ya sufrió los efectos del anterior seísmo, se desprendieron dos enormes bloques de piedra de la cornisa más alta de la misma. Parte de la casa número 5 del callejón de San Benito se derrumbó sobre el inmueble inmediato, que también sufrió daños de consideración. En otros edificios, en particular los de mayor antigüedad, se han producido resquebrajamientos en las obras. En la capital no hubo que lamentar desgracias personales».

Montefrío: «En la tarde de hoy se ha sentido en esta localidad un fuerte movimiento sísmico, de gran intensidad y duración. Como consecuencia, dos casas han resultado dañadas y con grandes desperfectos la torre de la iglesia llamada La Villa. Afortunadamente no ha habido que lamentar desgracias personales. Una de las casas sufrió la caída de una pared y en la otra se desprendió parte de la techumbre. En la iglesia, considerada como monumento artístico, se desprendieron algunos bloques de piedra de la bóveda, con gran estrépito. Pueden observarse los daños desde la plaza del pueblo. El vecindario, a últimas horas de la noche, estaba muy alarmado y en las calles, ante el comentario de Radio Nacional en el que se decía que era esperada una réplica del terremoto sentido».

A través de los efectos que se acaban de mencionar, producidos por los dos más importantes terremotos de la serie sísmica de 1951, el lector puede hacerse una idea bastante clara de la alarma que embarga a la población cuando en un determinado lugar se sufre un seísmo de intensidad VII u VIII. Como veremos en el siguiente apartado, dedicado a la peligrosidad sísmica de la provincia, no es probable que un terremoto de este tipo pueda volver a producirse en Jaén, se han de catalogar estos eventos pues como sucesos aislados. De todas formas, en sismología se acostumbra a trabajar con la siguiente hipótesis: si un determinado terremoto de alta intensidad se ha sentido alguna vez en un determinado lugar, no es imposible que vuelva a producirse.

PELIGROSIDAD SÍSMICA

Predecir terremotos posee como principal propósito el reducir pérdidas de vidas y daños materiales, siendo éste un tema de investigación de la Ingeniería Sísmica y la Sismología Aplicada. Pero es necesario diferenciar entre las predicciones a corto y largo plazo.

Las primeras se basan en los sucesos que preceden a un terremoto. Aunque se conocieran con certeza estos sucesos, sería necesario además poseer

una teoría precisa sobre el origen de los terremotos, en resumen, necesitaríamos una base teórica sólida para hacer predicciones seguras que no se posee actualmente. Por contra, es más satisfactoria la predicción a largo plazo. Es posible realizar mapas de peligrosidad sísmica de una zona en donde se represente un parámetro característico de la severidad del terremoto (por ejemplo, la intensidad o la magnitud) y se evalúe, por ejemplo, qué valores alcanzará éste en un determinado tiempo o cual es la probabilidad de que se produzca. Evidentemente, este análisis únicamente es posible a través de una metodología de tipo estadístico.

Hemos realizado un estudio de este tipo (predicción a largo plazo) para la provincia de Jaén. Se basa en ajustar las intensidades sentidas en los distintos puntos de nuestra provincia a una distribución estadística, muy utilizada en análisis de predicción de catástrofes, del tipo Gumbel III (Gumbel, 1954). Esta distribución palia en cierta forma la completitud y homogeneidad de datos sobre terremotos que tiene Jaén.

Para realizar este análisis se han tenido en cuenta todos aquellos terremotos, con intensidad superior a III, que a partir de 1800 y en un círculo de radio de 300 km con centro en el centro geográfico de la provincia de Jaén, se han producido. A partir de estos datos, utilizando el anteriormente citado análisis estadístico, hemos obtenido la intensidad que se espera que se sienta en 50 y 100 años (*figuras 7 y 8*), así como la probabilidad de que en 50 años se sienta una intensidad de grado VII (*figura 9*). A continuación comentaremos los resultados obtenidos.

Intensidad esperada en 50 años

En la correspondiente figura se observa que la mitad occidental de la provincia será sometida a una intensidad de grado V, con la excepción de la región situada al SE de la capital (zona de Cambil-Huelma) que alcanzará el grado VI. La parte oriental sólo estará sometida a una intensidad de grado IV, con la excepción de la zona limítrofe SE que alcanzará el grado de intensidad V como consecuencia del foco sísmico de Baza. Como se deducirá de la lectura e la escala de intensidades MSK que en el apartado siguiente describiremos, estos grados de intensidad no representan ningún riesgo de daños importantes sobre las edificaciones, sino sólo una amenaza de sobresalto entre la población.

Intensidad esperada en 100 años

En este caso, aunque la peligrosidad no aumenta significativamente, la situación es completamente diferente a la anterior. Con excepción del

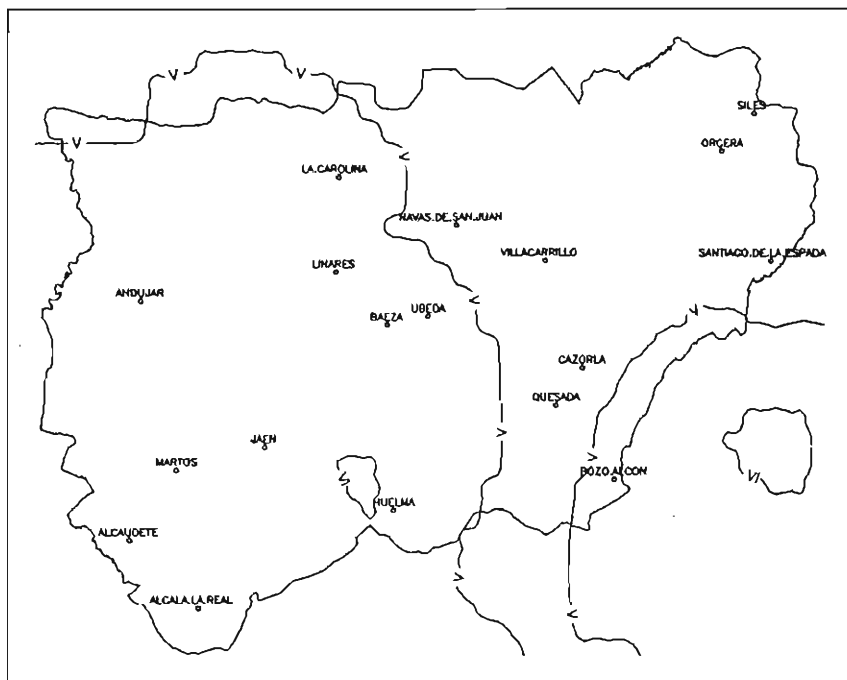


Figura 7.—Intensidad esperada en 50 años en la provincia de Jaén.

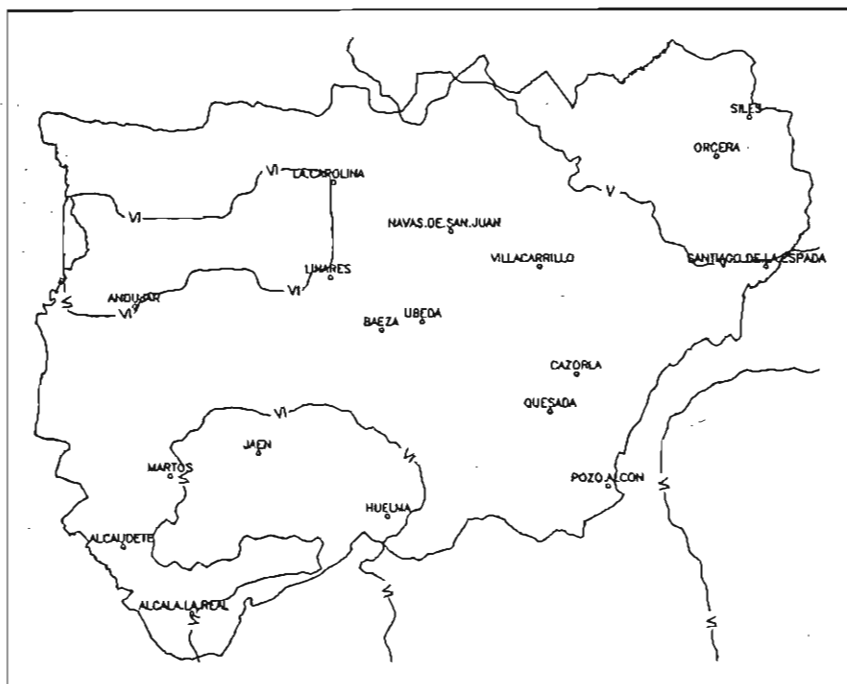


Figura 8.—Intensidad esperada en 100 años en la provincia de Jaén.

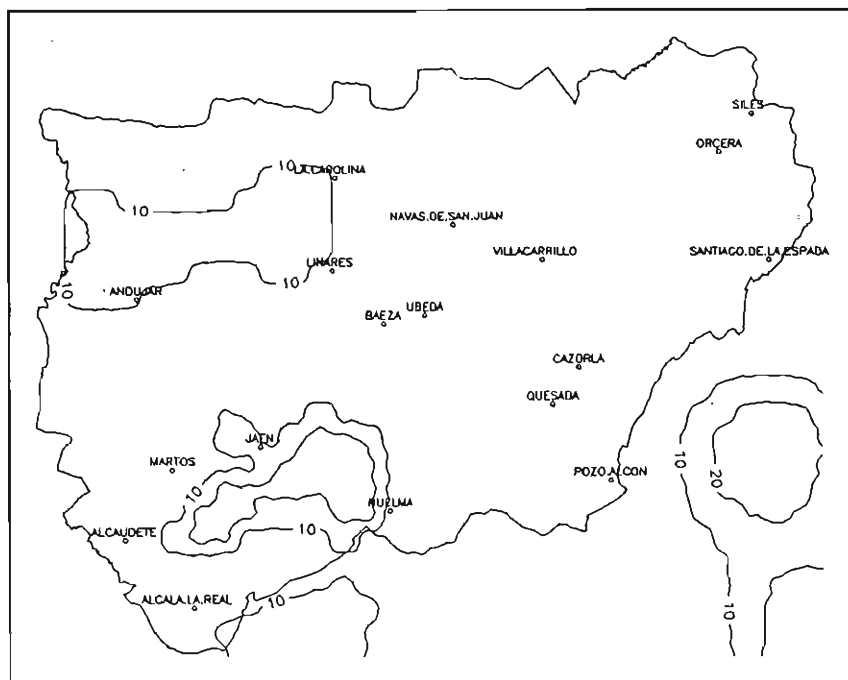


Figura 9.—Probabilidad (%) de que en 50 años se sienta una intensidad (escala MSK) VII en la provincia de Jaén.

extremo NE (zona de Siles-Orcera), toda la provincia está sometida a un grado de intensidad V o superior. Así, en la zona occidental, correspondiéndose con las zonas epicentrales de los dos terremotos más importantes de la serie sísmica de 1951, aparecen dos extensas regiones en las que se predice una intensidad de grado VI y que corresponden a los núcleos Alcalá la Real-Alcaudete-Jaén-Huelma y Andújar-Bailén-Linares-La Carlina.

Probabilidad de que se sienta una intensidad VII en 50 años.

Hemos elegido este grado de intensidad por ser el primero de los que son considerados con nivel destructivo sobre las edificaciones. Nuevamente, aunque con un bajo nivel de probabilidad, son los núcleos de población antes citados los que presentan la mayor probabilidad de ocurrencia. De ellos, sólo la parte interior del núcleo Alcaudete-Jaén-Huelma alcanza una probabilidad del 20%, la cual se puede considerar moderadamente baja. En este sentido, cabe indicar que los períodos de retorno de las intensidades se calculan con probabilidades del orden del 60%, es decir, que es a partir de este porcentaje cuando se considera, desde el punto de vista de la peligrosidad sísmica, que un terremoto se va a producir en el tiempo especificado por su período de retorno.

CONCLUSIONES

Es obvio que el mayor interés que muestra el público en general en relación con los terremotos es el de la previsión de estos. Cada vez que tiembla la tierra (últimamente tenemos los casos recientes de Almería, en diciembre de de 1993, Los Angeles, en enero de 1994, y Kobe en enero de 1995) la gente se pregunta si su ciudad está libre de este tipo catástrofes. Como dijimos en el apartado reservado a la peligrosidad sísmica, esto no es posible de determinar con toda precisión hoy por hoy.

Entre los días 10 y 19 de febrero de 1976, en la sede de la UNESCO, en París, se reunió, promovida por esta institución, la Conferencia Intergubernamental sobre la Evaluación y la Disminución de los Riesgos Sísmicos (UNESCO, 1980). En esta conferencia se abordaron los temas de evaluación de los riesgos sísmicos (predicción e terremotos y estudios del terreno como base para la determinación de efectos posibles que pudiera causar un seísmo), medidas de ingeniería para reducir pérdidas (legislación relativa a la construcción, planes de urbanización, reforzamiento de estructuras existentes, etc.) y consecuencia de los riesgos sísmicos (económicas, humanas y sociales).

Una de las muchas conclusiones a las que se llegaron fue la necesidad de realizar un acopio de datos geocientíficos básicos para la evaluación de riesgo sísmico. El conocimiento de la sismicidad de una zona, tanto histórica como instrumental, debe combinarse con todos los datos geológicos y geofísicos que sean posible determinar. Se acordó la necesidad de instalar instrumentos de registro (sismógrafos y acelerógrafos) en las zonas en que se desea conocer su riesgo sísmico para así poder tener un conocimiento más amplio de las diferentes condiciones del suelo; conocer cómo se comporta un terreno cuando sufre un movimiento sísmico es imprescindible a la hora de estudiar los efectos futuros que pudieran producirse.

En su resolución 8.12, la Conferencia recomienda instalar redes sismográficas adecuadas y confeccionar mapas geológicos y neotectónicos de las zonas que se deseen estudiar, así como realizar mapas locales de microzonificación sísmica y, tenerlos en cuenta en los códigos locales de construcción. La microzonificación sísmica consiste en la división en sectores de una región, ciudad, etc., teniendo en cuenta los efectos de la amplificación geológica o topográfica del movimiento del suelo producido por un terremoto, así como la vulnerabilidad de las edificaciones frente a éste. Ningún plan de urbanismo es completo si no contempla los distintos tipos de riesgos geológicos que posee una zona.

Este trabajo pretende únicamente concienciar de que los estudios de riesgo sísmico de una ciudad, provincia o región, han de realizarse y tenerse en cuenta. El realizarlos es una tarea que evidentemente conlleva tiempo y coste económico, pero en ningún momento debe menospreciarse. En el manual de instrucciones para la confección del Plan de Emergencia Municipal, elaborado por la Junta de Andalucía se indica que, entre los tipos de riesgos de origen natural existentes en una población, se ha de tener en cuenta el riesgo, que presentan los seismos. Para la identificación y análisis de riesgos se utiliza el índice de riesgo producto del índice de probabilidad y del índice de daños previsibles. Una estimación del índice de probabilidad es lo que hemos presentado en este trabajo, en el apartado de peligrosidad sísmica. Pero la evaluación del índice de daños previsibles sólo puede realizarse, de forma seria, a través de una serie de medidas, la mayor parte de las cuales se han expuesto con anterioridad, que pueden resumirse en que se ha de invertir, por parte de las autoridades locales y regionales, en estudios sobre riesgo sísmico.

BIBLIOGRAFÍA

- BERNAL, A.; BARRERA, T., y SANTIAGO, J. L. (1991): *The Earthquake of March 10th and May 19th, 1951 Occurred in the Province of Jaén, Spain en Seismicity, Seismotectonics and Seismic Risk of the Ibero-Maghrebian Region*. Monografía 8, Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- BOLT, B. A. (1981): *Terremotos*. Ed Reverté. Barcelona.
- BONELLI, J., y ESTEBAN CARRASCO, L. (1953): *Resultados Provisionales del Estudio del Carácter Sísmico de la Falla del Guadalquivir*. Instituto Geográfico y Catastral. Madrid.
- ESPINAR, M., y QUESADA, J. J. (1991): *Materiales y Sistemas Constructivos de Zonas Sísmicas Granadinas en los siglos XV y XVI*. VII Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica. San Fernando (Cádiz).
- GALBIS RODRÍGUEZ, J. (1932): *Catálogo Sísmico de la Zona Comprendida entre los Meridianos 5° E. y 20° W. de Greenwich y lo Paralelos 45° y 25° N*. Instituto Geográfico, Catastral y Estadístico. Madrid.
- GINER CATURLA, J. J., LÓPEZ CASADO, C., PELÁEZ MONTILLA, J. A. y PEINADO MONTES, M. A. (1992): *Peligrosidad Sísmica en la Comunidad Autónoma Valenciana*. I Congreso Iberoamericano sobre Técnicas Aplicadas a la Gestión de Emergencias para la Reducción de Desastres Naturales. Valencia.
- GUMBEL, E. J. (1954): *Statistical Theory of Extremes Values and Some Practical Applications*. National Bureau of Standards, Applied Mathematics Series 33.
- Junta de Andalucía. *Plan de Emergencia Municipal. Manual de Instrucciones para su Confec-ción, Aprobación y Homologación*. Junta de Andalucía. Consejería de Gobernación. Di-rección General de Política Interior.
- LÓPEZ CASADO, C., PELÁEZ MONTILLA, J. A.; DELGADO MARCHAL, J.; PEINADO MONTES, M. A.; SANZ DE GALDEANO EQUIZA, C., y CHACÓN MONTERO, J. (1995): *Peligrosidad Sísmica en la Provincia de Granada* (en prensa).
- LÓPEZ CASADO, G.; GINER CATURLA, J. J., y PELÁEZ MONTILLA, J. A. (1990): *Seismic Risk at Alicante's Province (Spain)*. Proceedings and Activity Report of the XXII General As-sembly (European Seismological Commission). Edited by Antoni Roca and Dieter Mayer-Rosa. I.S.B.N. 84-393-2094-9.
- MARTÍNEZ SOLARES, J. M.; LÓPEZ ARROYO, A., y MÉZCUA, J. (1979): *Isoseismal Map of the 1755 Lisbon Earthquake Obtained from Spanish Data*. Tectonophysics, V. 53, págs. 301-313.
- MARTÍNEZ SOLARES, J. M. (1990): (comunicación personal).
- MÉZCUA, J. (1982): *Catálogo General de Isosistas de la Península Ibérica*. Publicación 202, Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- MÉZCUA, J. y MARTÍNEZ SOLARES, J. M. (1983): *Sismicidad del Area Ibero-Magrebí*. Publi-cación 203, Instituto Geográfico Nacional. Madrid.
- PEREIRA DE SOUSA, F. L. (1915): *O megasismo do 1.º de Novembro de 1755*.
- REY PASTOR, A. (1955): *Estudio Morfo-Tectónico de la Falla del Guadalquivir*. Revista de Geofísica, núm. 54.
- UNESCO (1980): *Terremotos. Evaluación y Mitigación de su Peligrosidad*. Ed. Blume. Bar-celona.
- VIDAL, F. (1986): *Sismotectónica de la Región Béticas-Mar de Alborán*. Tesis Doctoral. Uni-versidad de Granada.

APÉNDICE

Escala de intensidad MSK

Las escalas de intensidad miden las consecuencias de un terremoto en un lugar determinado, teniendo en cuenta los efectos sentidos por las personas, los daños producidos en las edificaciones y los cambios advertidos en la naturaleza durante un terremoto. A fin de clarificar el concepto de intensidad y su medida, creemos conveniente el incluir la escala de intensidad Sísmica MSK (Medvedev, Sponheuer y Karnik) adoptada en España desde 1974 (B.O.E. del 21 de septiembre de 1974, Decreto 3209/1974). El siguiente resumen ha sido extraído del trabajo de Bolt (1981).

Los tipos de construcción que tiene en cuenta son:

Tipo A: Construcciones con muros de mampostería en seco o con barro, adobe y tapial.

Tipo B: Construcciones con muros de fábrica de ladrillo, de bloques de mortero, de mampostería con mortero, de sillarejo o entramados de madera.

Tipo C: Construcciones con estructura metálica o de hormigón armado.

Los términos de cantidad utilizados en la definición de los grados de intensidad son:

Algunos: 5%.

Muchos: 50%.

La mayoría: 75%.

La clasificación de los daños en las construcciones es la siguiente:

Daños ligeros: Fisuras en los revestimientos y caída de pequeños trozos de revestimiento.

Daños moderados: Fisuras en los muros, caída de grandes trozos de revestimiento, caída de tejas, caída de pretilas, grietas en las chimeneas e incluso derrumbamientos parciales de las mismas.

Daños graves: Grietas en los muros y caída de chimeneas de fábrica o de otros elementos exteriores.

Destrucción: Brechas en muros resistentes, derrumbamiento parcial, pérdida del enlace entre distintas partes de la construcción y destrucción de tabiques y muros de cerramiento.

Colapso: Ruina completa de la construcción.

La descripción de los grados de intensidad MSK es esta:

Grado I. La sacudida no es percibida por los sentidos humanos, siendo detectada y registrada solamente por los sismógrafos.

Grado II. La sacudida es perceptible solamente por algunas personas en reposo, en particular en los pisos superiores de los edificios.

Grado III. La sacudida es percibida por algunas personas en el interior de los edificios y sólo en circunstancias muy favorables en el exterior de los mismos. La vibración percibida es semejante a la causada por el paso de un camión ligero. Observadores muy atentos pueden notar ligeros balanceos de objetos colgados, más acentuados en los pisos altos de los edificios.

Grado IV. El seísmo es percibido por muchas personas en el interior de los edificios y por algunas en el exterior. Algunas personas que duermen se despiertan, pero nadie se atemoriza. La vibración es comparable a la producida por el paso de un camión pesado con carga. Las ventanas, puertas y vajillas vibran. Los líquidos contenidos en recipientes abiertos se agitan ligeramente. Los objetos colgados se balancean ligeramente.

Grado V. (a). El seísmo es percibido en el interior de los edificios por la mayoría de las personas y por muchas en el exterior. Muchas personas que duermen se despiertan y algunas huyen. Los animales se ponen nerviosos. Las construcciones se agitan con una vibración general. Los objetos colgados se balancean ampliamente. Los cuadros golpean sobre los muros o son lanzados fuera de su emplazamiento. En algunos casos los relojes de péndulo se paran. Los objetos ligeros se desplazan o vuelcan. Las puertas o ventanas abiertas baten con violencia. Se vierten en pequeña cantidad los líquidos contenidos en recipientes abiertos y llenos. La vibración se siente en la construcción como la producida por un objeto pesado arrastrándose. (b) En las construcciones de tipo A son posibles ligeros daños. (c) En ciertos casos se modifica el caudal de los manantiales.

Grado VI. (a) Lo siente la mayoría de las personas, tanto dentro como fuera de los edificios. Muchas personas salen a la calle atemorizadas. Algunas personas llegan a perder el equilibrio. Los animales domésticos huyen de los establos. En algunas ocasiones, la vajilla y la cristalería se rompen, los libros caen de sus estantes, los cuadros se mueven y los objetos inestables vuelcan. Los muebles pesados pueden llegar a moverse. Las campanas pequeñas de torres y campanarios pueden sonar. (b) Se producen daños moderados en algunas construcciones de tipo A. Se producen daños ligeros en algunas construcciones del tipo B y en muchas del tipo A. (c) En ciertos casos pueden abrirse grietas de hasta un centímetro de ancho en suelos húmedos. Pueden producirse deslizamientos en las montañas. Se observan cambios en el caudal de los manantiales y en el nivel de agua de los pozos.

Grado VII. (a) La mayoría de las personas se aterroriza y corre a la calle. Muchas tienen dificultad para mantenerse en pie. Las vibraciones son sentidas por personas que conducen automóviles. Suenan las campanas grandes. (b) Muchas construcciones del tipo A sufren daños graves y algunas incluso destrucción. Muchas construcciones del tipo B sufren daños moderados. Algunas construcciones del tipo C experimentan daños ligeros. (c) En algunos casos, se producen deslizamientos en las carreteras que transcurren sobre laderas con pendientes acusadas; se pro-

ducen daños en las juntas de las canalizaciones y aparecen fisuras en muros de piedra. Se aprecia oleaje en las lagunas y el agua se enturbia por remoción del fango. Cambia el nivel del agua de los pozos y el caudal de los manantiales. En algunos casos, vuelven a manar manantiales que estaban secos y se secan otros que manaban. En ciertos casos se producen derrames en taludes de arena o de grava.

Grado VIII. (a) Miedo y pánico general, incluso en las personas que conducen automóviles. En algunos casos se desgajan las ramas de los árboles. Los muebles, incluso los pesados, se desplazan o vuelcan. Las lámparas colgadas sufren daños parciales. (b) Muchas construcciones de tipo A sufren destrucción y algunas colapso. Muchas construcciones de tipo B sufren daños graves y algunas destrucción. Muchas construcciones de tipo C sufren daños moderados y algunas graves. En ocasiones se produce la ruptura de algunas juntas de canalizaciones. Las estatuas y monumentos se mueven y giran. Se derrumban muros de piedra. (c) Pequeños deslizamientos en las laderas de los barrancos y en las trincheras y terraplenes con pendientes pronunciadas. Grietas en el suelo de varios centímetros de ancho. Se enturbia el agua de los lagos. Aparecen nuevos manantiales. Vuelven a tener agua pozos secos y se secan pozos existentes. En muchos casos cambia el caudal y el nivel del agua de los manantiales y pozos.

Grado IX. (a) Pánico general. Daños considerables en el mobiliario. Los animales corren confusamente y emiten sus sonidos peculiares. (b) Muchas construcciones del tipo A sufren colapso. Muchas construcciones del tipo B sufren destrucción y algunas colapso. Muchas construcciones del tipo C sufren daños leves y algunas destrucción. Caen monumentos y columnas. Daños considerables en depósitos de líquidos. Se rompen parcialmente la canalizaciones subterráneas. En algunos casos, los carriles del ferrocarril se curvan y las carreteras quedan fuera de servicio. (c) Se observa con frecuencia que se producen extrusiones de agua, arena y fango en los terrenos saturados. Se abren grietas en el terreno de hasta 10 centímetros de ancho y de más de 10 centímetros en las laderas y en las márgenes de los ríos. Aparecen, además, numerosas grietas pequeñas en el suelo. Desprendimientos de rocas y aludes. Muchos deslizamientos de tierras. Grandes olas en lagos y embalses. Se renuevan pozos secos y se secan otros existentes.

Grado X. (a) La mayoría de las construcciones del tipo A sufren colapso. Muchas construcciones del tipo B sufren colapso. Muchas construcciones del tipo C sufren destrucción y algunas colapso. Daños peligrosos en presas; daños serios en puentes. Los carriles de las vías férreas se desvían y a veces se ondulan. Las canalizaciones subterráneas son retorcidas o rotas. El pavimento de las calles y el asfalto forman grandes ondulaciones. (b) Grietas en el suelo de algunos decímetros de ancho que pueden llegar a un metro. Se producen anchas grietas paralelamente a los cursos de agua. Deslizamientos de tierras sueltas en las laderas con fuertes pendientes. En los ribazos de los ríos y en las laderas escarpadas se producen considerables deslizamientos. Desplazamientos de arenas y fangos en las zonas litorales. Cambio

de nivel de agua en los pozos. El agua de canales y ríos es lanzada fuera de su cauce normal. Se forman nuevos lagos.

Grado XI. (a) Daños importantes en las construcciones, incluso en las bien realizadas, en puentes, presas y líneas de ferrocarril. Las carreteras importantes quedan fuera de servicio. Las canalizaciones subterráneas quedan destruidas. (b) El terreno queda considerablemente deformado tanto por desplazamientos horizontales como verticales y con anchas grietas. Muchos deslizamientos de terrenos y caída de rocas.

Grado XII. (a) Prácticamente se destruyen o quedan gravemente dañadas todas las estructuras, incluso las subterráneas. (b) La topografía cambia. Grandes grietas en el terreno con importantes desplazamientos horizontales y verticales. Caídas de rocas y hundimientos en los escarpes de los valles, producidas en vastas extensiones. Se cierran valles y se transforman en lagos. Aparecen cascadas y se desvían los ríos.

FE DE ERRATAS

Una vez publicado el artículo *Sismicidad y Peligrosidad Sísmica en la Provincia de Jaén* en el número 155 del boletín del Instituto de Estudios Giennenses se han advertido los errores que a continuación se indican y corrigen.

Página 187.

Donde dice: "(la importancia de los terrenos que se ...", debe decir: "(la importancia de los terremotos que se ..."

Página 191.

Donde dice: "... se sintió en Grandá, Ciudad Real y ...", debe decir: "... se sintió en Granada, Ciudad Real y ..."

Página 193.

Donde dice: "... geográficas 3°59.0W y 36°57.0W.", debe decir: "... geográficas 3°59.0'W y 36°57.0'N."

Donde dice: "Terremoto de Jaén de 1985", debe decir: "Terremoto de Jaén de 1885"

Página 201.

Donde dice: "Terremoto del 19 de Mayo (Alicante)", debe decir: "Terremoto del 19 de Mayo (Alcaudete)"