

# Estimación y clasificación de las víctimas potenciales de un terremoto dañino en el área metropolitana de Granada

MARGARITA MARTÍNEZ-ZALDÍVAR MORENO<sup>1</sup>, FRANCISCO VIDAL SÁNCHEZ<sup>2</sup>, FRANCISCO JAVIER GÓMEZ JIMÉNEZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Medicina Familiar y Comunitaria. Dispositivo de Cuidados Críticos y Urgencias. Distrito Sanitario de Granada, España. <sup>2</sup>Instituto Andaluz de Geofísica. Universidad de Granada, España. <sup>3</sup>Departamento de Medicina. Universidad de Granada, España.

---

**CORRESPONDENCIA:**

Francisco Javier Gómez Jiménez  
Departamento de Medicina  
Avda. de Madrid 12  
18012 Granada, España  
E-mail: fgomez@ugr.es

**FECHA DE RECEPCIÓN:**  
29-6-2007

**FECHA DE ACEPTACIÓN:**  
10-12-2007

**CONFLICTO DE INTERESES:**  
Ninguno

**Objetivos:** Estimar el número potencial de víctimas en un hipotético terremoto de intensidad de grado VIII (EMS), con epicentro en Sierra Elvira (cercano a Granada) y clasificar los heridos en función de la localización y gravedad de sus lesiones. Estos datos se comparan con los estimados para otro terremoto de intensidad IX, mucho menos probable, ubicado en la misma zona.

**Método:** Se ha utilizado el simulador de escenarios sísmicos SES 2002 y las tablas de vulnerabilidad humana propuestas por Di Sopra y Schiavi.

**Resultados:** Los daños esperados en viviendas son: 436 colapsadas, 4.787 con daños muy graves y 21.251 con daños graves. Las víctimas ocasionadas son: 313 muertos, 1.865 heridos (de distinta consideración) y 35.113 personas sin hogar. La clasificación de los heridos por categorías: 73 de 1ª (muy graves, rojos), 258 de 2ª (moderados, amarillos) y 1.534 de 3ª (leves, verdes). La localización más frecuente de las lesiones es en: miembros inferiores (26%), policontusiones (23%), cabeza (19%), miembros superiores (13%), tórax (10%), pelvis (6%) y en último lugar en médula espinal (3%).

**Conclusiones:** Estas estimaciones son fundamentales para ajustar el Plan de Actuación Sanitaria. Indican que la asistencia sanitaria ha de ser escalonada, que necesita establecer en menos de 2 horas un mínimo de 6 Puestos Sanitarios Avanzados para la intervención médica inmediata, y desplegar en menos de 8 horas Unidades de Estabilización Prehospitalaria y Unidades de Rescate Quirúrgico, para estabilización de pacientes críticos. En un terremoto de intensidad IX o en el caso de disminución de operatividad de los hospitales granadinos es también necesario un Hospital de Campaña. [Emergencias 2008;20:198-206]

**Palabras clave:** Terremotos. Emergencia. *Triage*. Catástrofes. Desastres. Rescate. Asistencia sanitaria. Víctimas.

---

## Introducción

La atención médica urgente en catástrofes sísmicas con múltiples víctimas es un reto y una necesidad desde el punto de vista de las emergencias sanitarias. Estas catástrofes implican siempre un problema de salud, por la presencia simultánea de muertos y de un gran número de heridos graves y leves que necesitan atención urgente y que desbordan la capacidad de los servicios de emergencia locales. Para desarrollar un Plan de Actuación Sanitaria eficaz, en caso de terremotos destructores, es necesario tener en cuenta los

escenarios de daños sísmicos estimados y el número y gravedad de las víctimas que se pueden presentar en cada caso.

La Depresión de Granada es la zona de mayor peligrosidad sísmica de España, según la Norma de Construcción Sismorresistente Española (NCSE-02), donde existen fallas activas que amenazan el área metropolitana<sup>1</sup>. En esta zona se han producido terremotos históricos dañinos de  $I \geq VIII$  (escala EMS), como por ejemplo los dos de los años 1.431 ( $I = IX-X$ ) y el de 1.806 ( $I = VIII-IX$ ) con epicentro en Pinos Puente y el de 1.884 ( $I = IX$ ), conocido como Terremoto de Andalucía, con epi-

**Tabla 1.** Víctimas y daños para un sismo de I = VIII con epicentro en Sierra Elvira. Simulación realizada con SES 2002

Nombre	I (EMS)	M	H	Sin hogar	Población total	Colapso	Daños muy graves	Daño grave	Daño moderado	Daño leve
Pinos Puente	VIII	67	403	3.264	13.524	91	539	1.394	1.882	1.182
Atarfe	VIII	32	190	1.912	11.220	45	309	923	1.500	1.293
Chauchina	VIII	13	75	736	4.138	18	121	358	572	472
Fuente Vaq.	VIII	18	106	877	4.038	23	137	365	518	370
Santa Fé	VIII	43	257	2.307	12.740	64	400	1.144	1.787	1.523
Albolote	VIII	32	191	1.897	12.916	46	302	950	1.650	1.636
Cijuela	VIII	6	35	286	1.522	8	46	129	198	165
Maracena	VIII	38	226	2.214	14.331	56	368	1.129	1.908	1.814
Peligros	VIII	19	112	1.112	7.380	28	184	576	992	966
Vegasl Genil	VIII	6	36	370	2.791	9	60	197	361	390
Láchar	VIII	11	65	540	2.477	10	60	161	229	163
Calicasas	VIII	2	15	123	599	3	17	49	73	54
Cúllar Vega	VIII	7	43	406	3.171	11	68	216	386	419
Pulianas	VIII	10	58	535	3.835	14	85	268	471	493
Güevéjar	VIII	5	29	277	1.507	5	34	96	151	127
Jun	VIII	4	24	262	1.724	5	36	113	194	187
Granada	VII	0	0	10.982	244.767	0	1.222	8.348	24.524	38.959
Otros	VI-VII	0	0	7.033	286.159	0	799	4.835	17.146	34.133
<b>Totales</b>	<b>VI-VIII</b>	<b>313</b>	<b>1.865</b>	<b>35.133</b>	<b>628.839</b>	<b>436</b>	<b>4.787</b>	<b>21.251</b>	<b>54.542</b>	<b>84.346</b>

Número estimado de: muertos (M), heridos (H), sin hogar, población total, viviendas colapsadas, con daño muy grave, grave, moderado y leve, en las poblaciones afectadas.

centro en Arenas del Rey, población que quedó completamente destruida, y más de 20 pueblos de Granada y Málaga sufrieron numerosos colapsos y daños muy graves en sus construcciones, y que causó más de 1.300 víctimas mortales y alrededor de 1.500 heridos graves<sup>2</sup>.

Este trabajo se centra en el escenario de daños sísmicos más probable que puede afectar a la ciudad de Granada y su área metropolitana, un terremoto con foco en Sierra Elvira y de I máxima VIII (que se corresponde con un terremoto "ocasional", según el Eurocódigo 8<sup>3</sup>, con aproximadamente un 50% de probabilidad en 50 años). Se ha estimado el número de víctimas que pueden sufrir lesiones traumáticas en cada una de las poblaciones dañadas alrededor del epicentro y clasificado estas lesiones por su localización y prioridad de tratamiento médico. Los resultados obtenidos se comparan con los estimados para un terremoto de I = IX en la misma área fuente.

Las características de cada una de las poblaciones así como su localización geográfica se recogen en la Tabla 1 y la Figura 1, respectivamente.

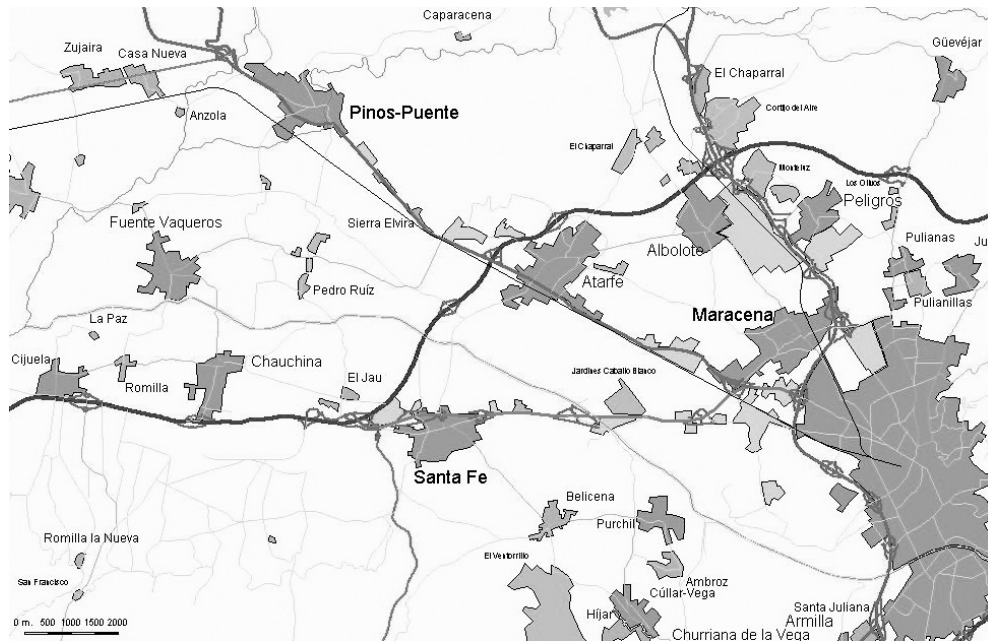
## Método

Los estudios de peligrosidad sísmica<sup>4,5</sup> y el código sísmico español (NCSE-02)<sup>1</sup> consideran que el caso de terremoto más probable afectando con daños graves el área metropolitana de la ciudad de Granada, es aquel con intensidad VIII y epicentro entre Atarfe y Pinos Puente, en la falla de Sierra Elvira.

Para determinar las características de este escenario hipotético se ha utilizado el simulador de escenarios sísmicos SES 2002<sup>6</sup> y para la clasificación de las víctimas por tipologías y categorías, las tablas de vulnerabilidad humana obtenidas por Di Sopra y Schiavi<sup>7</sup> con datos del terremoto de Friuli (Italia) de 1976.

El SES 2002 es una aplicación informática desarrollada por la Dirección General de Protección Civil y el Instituto Geográfico Nacional para estimar los posibles efectos que producirían terremotos hipotéticos en España y orientado a la prevención y a la preparación de emergencias sísmicas. Los cálculos se hacen a partir de los parámetros focales, las leyes de atenuación, la vulnerabilidad de las construcciones y la población existente en cada población afectada. Los resultados se presentan para cada municipio (unidad territorial mínima de cálculo) en tablas y gráficos, usando un Sistema de Información Geográfica (GIS). Para cada terremoto se obtienen: la distribución de intensidad sísmica, los daños a las viviendas (organizados y cuantificados por diferentes niveles de daño) y las víctimas potenciales (número de muertos, heridos y personas sin hogar).

El terremoto de I = VIII considerado se ha situado aproximadamente en 37,24 N, 3,73 W y profundidad de 10 Km y con una magnitud estimada  $M_w \geq 5,8$ . El caso de un terremoto de I = IX, de baja probabilidad de ocurrencia (terremoto "raro", según el Eurocódigo 8), con un 10% de probabilidad en 50 años, se ha situado en el mismo foco y con una magnitud estimada  $M_w \geq 6,8$ .



**Figura 1.** Localización geográfica de Granada y el área metropolitana norte donde se sitúa Sierra Elvira epicentro del supuesto terremoto.

Se han realizado, para cada caso, las simulaciones con los cuatro modelos disponibles en SES 2002: SES máximo, SES mínimo, Irpinia y ATC. El primero y segundo, son específicos propuestos para España por el grupo de trabajo y están basados en estudios de vulnerabilidad de construcciones, que consideran cada uno el peor y el mejor comportamiento de los edificios ante sacudidas sísmicas, respectivamente. El modelo denominado Irpinia usa las matrices de probabilidad de daño obtenidas por Chávez<sup>8</sup> con el terremoto italiano del 23 de noviembre de 1980 para construcciones de vulnerabilidad parecida a las españolas. El modelo denominado ATC<sup>9</sup> es el usado por el FEMA (*The Federal Emergency Management Agency*) en el programa simulador de escenarios HAZUS<sup>10</sup>, con datos de vulnerabilidad de construcciones americanas. El modelo de daños y víctimas finalmente utilizado en este trabajo es el SES máximo.

La vulnerabilidad del cuerpo humano frente a las diferentes situaciones críticas provocadas por los terremotos (colapso de edificios, caída de objetos y materiales, etc.), también puede ser medida a partir de los estudios realizados con los datos recogidos de pacientes ingresados en los hospitales después de una catástrofe sísmica. Tras analizar los estudios existentes para la clasificación de las víctimas (entre los que destacan los realizados en los años 1983<sup>7</sup>, 1985<sup>9</sup>, 1985<sup>11</sup>, 1994<sup>12-14</sup>, 1996<sup>15</sup>, 1997<sup>16</sup>, 1999<sup>17</sup>, 1999<sup>18</sup>), hemos seguido para los dos terremotos tipo aquí considerados, la meto-

dología empleada por Di Sopra y Schiavi<sup>7</sup>, también recomendada por otros autores<sup>19</sup> y además porque la tipología constructiva de las edificaciones son similares a las nuestras, y porque la magnitud del terremoto se aproxima bastante a la planteada en nuestro estudio. Estos autores describen la localización y el porcentaje de las lesiones producidas por el terremoto de Friuli, el 5 de mayo de 1976, con una magnitud ( $M$ ) = 6,4. (Tabla 2), en 1.000 pacientes ingresados en el Hospital Civil de Udine. De todas las víctimas, el 27% fueron fallecidos y el 73% heridos lesionados. De estos 73% heridos, un 80% sufrieron traumatismos y un 20% problemas médicos varios.

Asimismo, se ha tenido en cuenta un estudio realizado en 1990 para Granada<sup>20</sup> donde se cuantificaron los daños y el número de víctimas producidos por un terremoto con epicentro en las proximidades de la ciudad de Granada, (Tabla 3), y donde además se realiza una clasificación de los heridos por categorías (que corresponden a las categorías clásicas de *triaje*). Esta clasificación está basada en la gravedad de las víctimas y orientada a prever en qué pacientes hay que concentrar la atención a la hora de prestar la asistencia y los recursos necesarios para su evacuación. En este estudio, los radios medios de atenuación sísmica para las zonas de intensidad IX, VIII y VII (MSK) eran 15, 26 y 40 Km respectivamente.

Los casos de problemas médicos que se han estudiado en el presente trabajo son los que co-

**Tabla 2.** Localización y tipo de lesiones traumáticas encontradas en 1.000 pacientes heridos en el terremoto de Friuli

Localización	Tipo de trauma									Total ‰ heridos	% trauma- tizados
	Contusión		Herida		Luxación	Fractura		Abierta	Amputación		
	Total ‰ heridos	% contusiones	Total ‰ heridos	% heridos		‰ Cerrado	% fracturas				
Cráneo-facial	18	-	86	40,5	4	14	-	8	-	130	19
Espinal	-	-	-	-	-	20	10	2	-	24	3,5
MMSS	2	-	14	-	6	56	22,9	4	6	88	12,9
Tórax	6	-	-	-	-	64	-	2	-	72	10,6
Pelvis	2	-	20	-	16	-	-	-	-	38	5,6
MMII	12	-	40	18,8	6	106	37,8	8	6	178	26,1
Policontusionado	54	70	52	24,5	-	4	-	2	-	152	22,3
<b>Total</b>	<b>34</b>	<b>100</b>	<b>212</b>	<b>100</b>	<b>16</b>	<b>280</b>	<b>100</b>	<b>22</b>	<b>12</b>	<b>682</b>	<b>100</b>

MMSS: miembros superiores. MMII: miembros inferiores.

**Tabla 3.** Cuantificación de víctimas por categorías de *triaje* atendiendo a la localización del traumatismo

Localización	Nº total	1ª categoría	2ª categoría	3ª categoría
TCE	1.859	125	257	1.457
Lesiones espinales	342	28	14	300
Traumatismos MMSS	1.285	85	80	1.120
Traum. torácicos	1.028	30	85	913
Lesiones pélvicas	542	6	71	465
Traumatismos MMII	2.570	114	570	1.886
Policontusionados	2.376	-	311	2.065
<b>Totales</b>	<b>9.982</b>	<b>388</b>	<b>1.388</b>	<b>8.206</b>

TCE: traumatismo craneoencefálico. MMSS: miembros superiores. MMII: miembros inferiores.

responden a las lesiones traumáticas provocadas directamente por el terremoto, pues las estimaciones del número de víctimas que realiza el SES 2002 atiende a las lesiones provocadas por los daños en las construcciones. Esto significa, siguiendo el estudio del terremoto de Friuli, que las víctimas se pueden ver incrementadas en un 20%, si se tienen en cuenta los casos de problemas médicos no traumatológicos (alteraciones cardio-circulatorias, problemas obstétricos, ansiedad, estrés, etc.), confirmado también por otros estudios<sup>11,15,16,18</sup> de víctimas en otros terremotos relevantes.

Si aplican los porcentajes de las lesiones y las categorías establecidas a la estimación de las víctimas obtenidas con el simulador de escenarios sí-

micos SES 2002, se obtienen los resultados que se detallan a continuación.

## Resultados

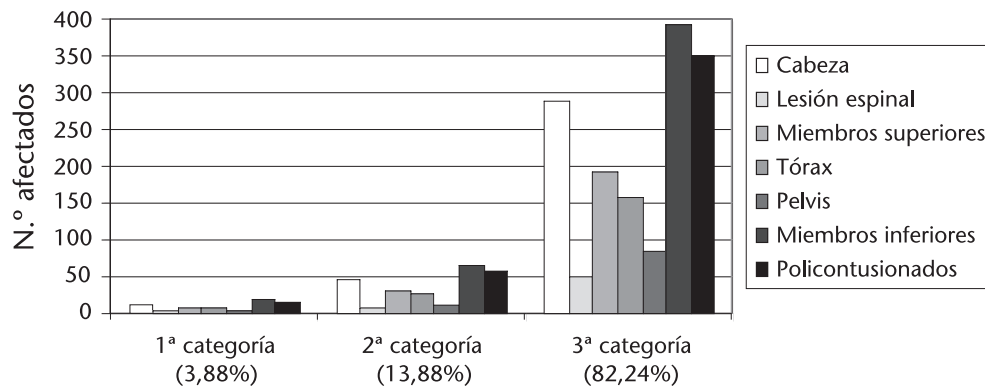
Para el caso de un terremoto con intensidad VIII (EMS), se han obtenido 313 víctimas mortales y 1.865 heridos de distinta consideración. La clasificación de los heridos por categorías, en función de la gravedad de las lesiones, es de alrededor de un 4% de lesionados muy graves (1ª categoría), aproximadamente un 14% de víctimas de gravedad moderada y un 82% con lesiones leves. La localización más frecuente de las lesiones es en miembros inferiores (26%), seguido de policontusiones (23%), lesiones en cabeza (19%), en miembros superiores (13%), tórax (10%), pelvis (6%) y en último lugar las lesiones de médula espinal (3%).

La estimación de las víctimas y los daños en las construcciones están recogidas pormenorizadamente y para cada municipio en la Tabla 1. Además de las víctimas mencionadas anteriormente, hay que destacar que quedarían sin hogar 35.113 personas y que habría un total de 165.362 viviendas afectadas, 436 de ellas quedarían colapsadas y otras 4.787 con daños muy graves.

**Tabla 4.** Víctimas por categorías atendiendo a la localización de las lesiones, en los terremotos con epicentro en Sierra Elvira (Granada), para intensidades (I) VIII y IX

Localización	Nº total		1ª categoría		2ª categoría		3ª categoría	
	I = VIII	I = IX	I + VIII	I = IX	I = VIII	I = IX	I = VIII	I = IX
Cabeza	352	4.024	13	156	49	559	290	3.309
Lesión espinal	65	745	3	29	9	103	53	613
MMSS	237	2.704	9	105	33	375	195	2.224
Tórax	196	2.235	8	87	27	310	161	1.838
Pelvis	103	1.171	4	45	14	163	85	963
MMII	483	5.514	19	214	67	765	397	4.535
Policontusionados	429	4.896	17	190	59	680	353	4.026
<b>Totales</b>	<b>1.865</b>	<b>21.289</b>	<b>73</b>	<b>826</b>	<b>258</b>	<b>2.955</b>	<b>1.534</b>	<b>17.508</b>

MMSS: miembros superiores. MMII: miembros inferiores.

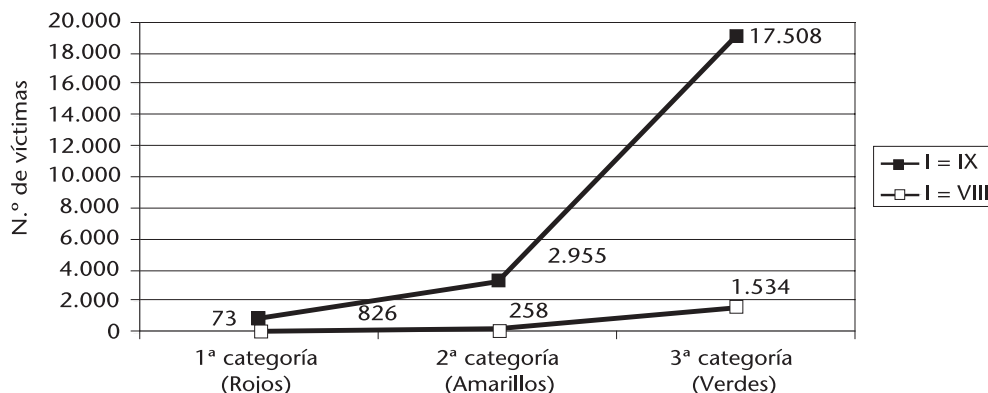


**Figura 2.** Representación gráfica de la localizaciones lesionales más frecuentes y su gravedad (categoría) para el caso de intensidad VIII con epicentro en Sierra Elvira (Granada).

En la Tabla 4 se muestran los resultados de la estimación de las víctimas, clasificadas atendiendo a la localización de las lesiones traumáticas, para los casos de terremotos con epicentro en Sierra Elvira (Granada) con intensidades VIII y IX. En el primero de estos casos, las 1.865 víctimas estimadas se clasifican (Figura 2) en 73 heridos de 1ª categoría (o rojos), 258 de 2ª categoría (o amarillos) y 1.534 heridos de 3ª categoría (o verdes). Estas cifras son 11 veces mayores en el segundo caso (terremoto con I = IX), y pasan de 1.865 heridos en el primer caso a 21.289 en el segundo. De igual modo, el número de víctimas que se van a encontrar de cada categoría se multiplica también por 11 (Figura 3).

En desastres sísmicos, la supervivencia de las víctimas depende del tiempo de rescate, *triaje* y tratamiento urgente de las mismas, y son críticas las primeras 24 horas. Tras el *triaje* inicial de las víctimas, es urgente un primer tratamiento y estabilización de los pacientes críticos y el traslado de lesionados (según su clasificación) mediante la noria de evacuación.

Partiendo de la estimación realizada de víctimas probables para los terremotos con epicentro en Sierra Elvira, se propone que los Puestos Sanitarios Avanzados (PSA) y los centros de salud enviarán los pacientes “rojos”, en las primeras 8 horas de la crisis, a los hospitales de Granada. Se dispone de dos hospitales de tercer nivel, el Complejo Hospitalario Universitario Virgen de las Nieves y el Hospital Clínico San Cecilio, cada uno de ellos con 1.062 y 699 camas. Además pueden prestar su apoyo los Hospitales de San Juan de Dios perteneciente a la Conserjería de Salud y el Hospital de San Rafael propiedad de los Hermanos de San Juan de Dios y concertado con el Servicio Andaluz de Salud, junto a las Clínicas privadas La Inmaculada y Nuestra Señora de la Salud, previa inspección rápida de la operatividad de los mismos, y posteriormente a las Unidades de Estabilización Prehospitalarias (UEP) y las Unidades de Rescate Quirúrgico (URQ), que serán ubicadas en el aeropuerto de la capital por el dispositivo de Sanidad Militar, donde también se desplegaría en caso necesario un Hospital de Campaña. Los pa-



**Figura 3.** Gráfico comparativo del número de víctimas clasificadas por categorías para los casos de Intensidad (I) = VIII e I = IX en Sierra Elvira (Granada).

cientes “amarillos” irán a hospitales fuera de la ciudad de Granada, según su patología, cercanía y disponibilidad del hospital. Los pacientes “verdes” serán derivados a los centros de salud más próximos. Los hospitales aceptarán todos los pacientes rojos y sólo los amarillos directos según su disponibilidad.

El estudio de la vulnerabilidad sísmica de algunas instalaciones hospitalarias de Granada ha evidenciado que es indispensable una inspección rápida post-terremoto de la seguridad y operatividad de las mismas, sobre todo para el caso de I = IX. Los hospitales de apoyo, y especialmente los comarcales de Baza y de Motril, junto con los andaluces de referencia, se han de preparar para recibir y prestar asistencia a las víctimas remitidas desde los PSA y desde los hospitales y clínicas privadas de Granada cuando éstos lleguen a su límite operativo.

## Discusión

Los resultados de la aplicación del SES 2002 utilizando el modelo SES máximo a los terremotos tipo de este trabajo han aportado cifras de víctimas en función de los diferentes niveles de daño (estructurales y no estructurales) experimentados por las edificaciones. El modelo de daños y víctimas SES máximo se ha elegido porque sus matrices de vulnerabilidad son las que más se aproximan a las construcciones del área de estudio, mientras que SES mínimo considera una vulnerabilidad menor de la real. El modelo de Irpinia proporciona daños y consecuentemente víctimas superiores al primer modelo pero puede servir de referente para construcciones del área anteriores a 1980. El modelo ATC es similar al SES máximo aunque da mayor número de heridos probablemente por considerar valores centrales de la magnitud más altos para cada intensidad de los aquí estimados. Esta aproximación de daños y víctimas es realista porque está acotada por los datos que proporciona Irpinia y ATC, correspondientes a áreas con mayor y menor vulnerabilidad de las construcciones, respectivamente. No obstante, hay que tener en cuenta que los resultados son generales, y deben ser tomados como indicadores medios muy aproximados de una hipotética realidad, pues, a pesar de haberse actualizado las bases de datos para reducir el margen de error de los resultados obtenidos, hay factores que pueden modificar estos valores.

Las limitaciones son debidas a que:

- La distribución de la intensidad depende en

gran parte de las condiciones locales o efectos del suelo (topografía, litología, contenido en agua), que no se han tenido en cuenta por no estar incluidos en SES 2002.

- No hay bastantes datos de terremotos españoles que desde el punto de vista estadístico, sean suficientemente significativos para precisar las funciones de vulnerabilidad (daño). Por eso se han usado aquí datos de terremotos y construcciones de características similares (daños del terremoto de 1980 en Irpinia, Italia).

- Para estimar la vulnerabilidad real de las construcciones, es necesario realizar estudios de detalle de las mismas en las poblaciones en cuestión, pues *a priori*, pequeños fallos constructivos, pueden suponer un gran aumento de su vulnerabilidad y por consiguiente un aumento en la estimación de los daños y del número de víctimas. Aquí se ha estimado la vulnerabilidad media en función de la tipología y el estado de las construcciones.

- SES no considera la distribución temporal de la población, por lo que no se evalúan las diferencias en los daños causados por el mismo terremoto en diferentes épocas del año ni en diferentes horas del día. No obstante, se han estimado variaciones respecto a la media, y se ha tenido en cuenta intervalos horarios, con aproximadamente un 20% más de víctimas en el caso de que el sismo ocurra durante la noche.

- SES sólo calcula los daños provocados en los edificios de viviendas. Sin embargo, hay además otros numerosos tipos de daños causados en otras construcciones, o los desencadenados por peligros secundarios (incendios, *tsunamis*, licuefacción, deslizamientos, etc.) e importantes daños indirectos que no se cuantifican, aunque se podrían estimar de forma aproximada si se tiene la ubicación de las construcciones e instalaciones con estudios de detalle.

En general, casi todos los análisis que se han realizado sobre el riesgo sísmico en alguna zona de España han sido realizados con bastante detalle. Estos son los casos de Alcoy<sup>21</sup>, Lorca<sup>22</sup>, Alicante<sup>23</sup> o Barcelona<sup>24</sup>, entre otros. Este detalle conlleva un cierto coste económico que choca con la relajación social que existe con respecto a los terremotos, y se debe a que el último terremoto catastrófico en España ocurrió en 1884, hace más de 120 años. Además, los estudios que se han realizado, se han centrado en analizar la peligrosidad sísmica, y varían considerablemente la metodología empleada. En pocos casos<sup>25-28</sup> se ha profundizado en la vulnerabilidad y en el cálculo de daños, como en los casos de Adra<sup>29,30</sup>, Granada<sup>28,31</sup>,

Cataluña y Barcelona<sup>32</sup>. Experiencias similares se han realizado en diferentes países: EE.UU.<sup>10</sup>, Portugal, Italia, Turquía, Colombia, etc. Estas evaluaciones utilizan necesariamente Sistemas de Información Geográfica (SIG) con aplicaciones comerciales: Arc-View™, Map-Info™, Arc-Gis™, etc.

La estimación de víctimas humanas debido a un sismo es un problema bastante complejo<sup>33</sup>. La definición del número de personas heridas determina la demanda inicial del sistema sanitario. Se han propuesto diferentes modelos para la estimación de víctimas humanas producidas por un terremoto<sup>34</sup>, entre las que destacan las metodologías de Coburn y Spence<sup>35,36</sup> y del ATC-13 (1985)<sup>9</sup>. El primero establece el uso de una expresión analítica, ajustada a partir del análisis de más de 1.000 terremotos importantes. Esta relación es específica para edificios colapsados y considera, entre otros parámetros, la población por edificio y la ocupación según el horario.

La metodología propuesta por el ATC, establece unos porcentajes de personas afectadas (heridos leves, heridos graves, muertos) en función de los diferentes niveles de daño (estructurales y no estructurales) experimentados por las edificaciones, deducidos por un grupo de expertos a partir de terremotos ocurridos en EE.UU., y en los que los daños de grados 3, 4 y 5 son los más decisivos.

Otras alternativas<sup>37</sup> contemplan la posibilidad de ajustar de manera directa para cada escenario sísmico una correlación o ley de intensidad-heridos, que permita determinar para cada valor de la intensidad macrosísmica el porcentaje de heridos de cada población afectada y la respuesta de una red regional de hospitales.

## Conclusiones

El terremoto destructor más probable que se puede esperar en la ciudad de Granada (situada dentro de la zona de mayor peligrosidad sísmica de España) es el de epicentro en Sierra Elvira y con una  $I$  máxima de grado VIII. El más desfavorable que ocurriera en dicha zona sería de  $I = IX$ , que tendría un número muy elevado de muertos (3.548) y heridos (21.289), multiplicándose por 11 el número de víctimas respecto al de  $I = VIII$ . El caso de  $I = IX$ , por la cantidad de poblaciones con daños, por el número tan alto de víctimas de diferentes categorías, sería declarado de interés nacional, y por ello requiere la participación de muchos organismos, lo que implica un estudio diferente y específico del mismo. Para el caso de intensidad VIII, se ha estimado un total de 313 muertos y

1.865 heridos de distinta gravedad a los que habrá que prestar asistencia sanitaria, y se encuentra alrededor de un 4% de lesionados muy graves (1ª categoría), aproximadamente un 14% de víctimas de gravedad moderada (2ª categoría) y un 82% con lesiones leves (3ª categoría).

La localización más frecuente estimada de las lesiones es en miembros inferiores (26%), seguido de policontusiones (23%), lesiones en cabeza (19%), en miembros superiores (13%), tórax (10%), pelvis (6%) y en último lugar las lesiones de médula espinal (3%).

Los municipios más dañados por este movimiento sísmico serían Pinos Puente, Atarfe, Santa Fe, Albolote y Maracena, en los que el número de víctimas también será consecuentemente mayor y donde habría que concentrar inicialmente los esfuerzos sanitarios, desplegando PSA en cada uno de ellos.

Estas estimaciones son fundamentales para ajustar el PAS. Indican que la asistencia sanitaria ha de ser escalonada, necesita establecer en menos de 2 horas un mínimo de 6 PSA para la intervención médica inmediata, y desplegar en menos de 8 horas la unidad de estancia prehospitalaria (UEP) y unidad de rescate quirúrgico (URQ), para estabilización de pacientes críticos. En un terremoto de  $I = IX$ , o en el caso de disminución de operatividad de los hospitales granadinos, es también necesario un hospital de campaña.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos, es necesario desarrollar un PAS ante un terremoto destructor en la provincia de Granada, como el que aquí se plantea, para atender a las víctimas desde una base estructurada y organizada, y dejar el menor margen posible a la improvisación, con el fin de aumentar la supervivencia de las víctimas, poniendo en marcha el dispositivo de atención médica urgente con el apoyo logístico e infraestructura necesaria.

## Bibliografía

- 1 Sanz de Galdeano C, Peláez Montilla JA, López Garrido AC. La Cuenca de Granada (Estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dotaciones existentes). 2002. Proyecto PB97-1267-C03 (DGESIC) Grupo RMN 217 (Junta de Andalucía).
- 2 Vidal F. Análisis de la Sismicidad histórica de Andalucía. (Revisión de los principales terremotos históricos ocurridos en los 10 últimos siglos). Observatorio Universitario de Cartuja. Universidad de Granada. 1988.
- 3 Vidal F. Peligrosidad, Vulnerabilidad y Daños Sísmicos. Conferencia de la Norma de Construcción Sismorresistente Española 2002. Colegio de Arquitectos. Granada 2005.
- 4 Sanz de Galdeano C. Localización geográfica y geológica

- de la cuenca de Granada. Principales rasgos estratigráficos en la cuenca de Granada. Estructura, tectónica activa, sismicidad, geomorfología y dataciones existentes (Sanz de Galdeano C, Peláez JA y López Garrido AC, Eds). Univ. De Granada. 2001. p. 3-9.
- 5 López Casado C, Sanz de Galdeano C, Molina S, Henares J. The structure of the Alboran Sea: an interpretation from seismological and geological data. *Tectonophysics* 2001;338:79-95.
  - 6 SES 2002. Simulador de Escenarios Sísmicos (SES 2002). Estimación rápida preliminar de daños potenciales en España por terremotos. Manual de usuario. Dción. Gral. de Prot. Civil. Disponible en: [www.proteccioncivil.org/pefn/gt/manuales/m\\_usuario.pdf](http://www.proteccioncivil.org/pefn/gt/manuales/m_usuario.pdf) SES 2002. Simulador de Escenarios Sísmicos 2002. Dirección General de Protección Civil. CD Rom. DGPC (ed). 2002.
  - 7 Di Sopra L, Schiavi F. First hypotheses for the construction of vulnerability tables for persons involved in earthquake in Italy. Medical aspects. Institute of International Sociology, Gorizia. Italy. 1983.
  - 8 Chávez J. Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 1998.
  - 9 ATC-13. Earthquake damage evaluation data for California. Applied Technology Council, Redwood City, California. USA. 1985.
  - 10 HAZUS-99-SR2. Hazus Technical Manual, Federal Emergency Management Agency, FEMA and National Institute of Building Sciences, NIBS, Washington D.C. 2002. Vol. 1,2,3.
  - 11 De Bruycker M, Greco D Lechat MF. The 1980 earthquake in Southern Italy-morbidity and mortality. *Int J Epidemiol* 1985; 197:638-43.
  - 12 Erdik M. Developing a comprehensive earthquake disaster master plan for Istanbul. *Issues in Urban Earthquake Risk, NATO ASI Series.* 1994;271:251-265
  - 13 Mendes-Vector L, Oliveira C, Pais I, Teves-Costa P. Earthquake Damage Scenarios in Lisbon for Disaster Preparedness. *Issues in Urban Earthquake Risk, NATO ASI Series.* 1994;271:265-291.
  - 14 Rojahn Ch. Estimation of earthquake damage to buildings and other structures in large urban areas. *Issues in Urban Earthquake Risk NATO ASI Series.* 1994;271:79-103.
  - 15 Durkin M. Fatalities, nonfatal injuries, and medical aspects of the Northridge earthquake. In: Woods MC, Seiple WR, eds. *The Northridge, California, earthquake of 17 January 1994.* Sacramento, CA: California department of Conservation, Division of Mines and Geology Special Publication 116. 1996:247-54.
  - 16 Armenian HK, Melkonian A, Noji EK. Deaths and injuries due to the earthquake in Armenia: a cohort approach. *Int J Epidemiol* 2001;26:806-13.
  - 17 Balassanian S, Melkoumian MG, Manoukian AV, Azarian AR. Seismic risk assessment for the territory of Armenia and atategy of its mitigation. *Natural Hazards, Kluwer Academic Publishers.* 1999:45-55.
  - 18 Tanaka H, Oda J, Iwai A. Morbidity and mortality of hospitalized patients after the 1995 Hanshin-Awaji earthquake. *Am J Emerg Med* 1999;17:186-91.
  - 19 Granot H. Proposed scaling of the comunal consequences of disaster. *Disaster Prevention and Management* 1995;4:5-13.
  - 20 Álvarez Leiva C, Martínez-Zaldívar Rodríguez T. Apuntes para: Plan Nacional de Emergencia Sísmica. Dirección General de Protección Civil. 1990.
  - 21 ITGE: Estudio de riesgos naturales en la ciudad de Alcoy. 1990. Pp 214.
  - 22 ITGE: Estudio de peligrosidad y vulnerabilidad sísmica en Lorca y su término municipal. 1992. Pp 143.
  - 23 Delgado J, López Casado C, Jáuregui P. Uncertainties in the evaluation of soil liquefaction. En: *Seismology in Europe.* Esc ed. Reykiavik (Islandia). 1996. p. 423-428.
  - 24 Barbat AH. El riesgo sísmico en el diseño de edificios. *Cuadernos Técnicos 3.* Calidad Siderúrgica S.R.L. 1998.
  - 25 Martín AJ. Riesgo sísmico en la Península Ibérica. [Tesis Doctoral], Universidad Politécnica de Madrid. 1984. 2 tomos.
  - 26 Martín AJ, García Yagüe A. Estimación, para su aplicación a Protección Civil, de los daños que un terremoto catastrófico ocasionaría en Andalucía. *IGN Monografía nº 17.* 1986.
  - 27 Martín AJ. Probabilistic seismic hazard analysis and damage assesment in Andalucía (Spain). *Tectonophysics* 1989; 167:235-44.
  - 28 Vidal F, del Castillo G. Granada facing an earthquake. *NATO Advanced workshop on an evaluation of guidelines for developing earthquake scenarios for urban areas.* Istanbul, 8-11 octubre de 1993.
  - 29 Vidal F. Sacudidas sísmicas, vulnerabilidad, daños sísmicos y evaluación post-terremoto de la seguridad de edificios. En *Inspección y Clasificación de la Seguridad de las construcciones.* Colegio Oficial de Arquitectos de Andalucía Oriental. 1994. p. 1-42.
  - 30 Vidal F. *Medidas Preventivas y de Protección frente a terremotos.* ISBN 84-6049167-6. Imprenta Gráficas del Sur. Granada. 1994. pp 16.
  - 31 Vidal F. *Terremotos, sacudidas sísmicas y daños sísmicos.* En *Curso de Riesgos Naturales.* Universidad Internacional de Andalucía. La Rábida. 1994. p. 1-40.
  - 32 Chávez J. Evaluación de la vulnerabilidad y el riesgo sísmico a escala regional: Aplicación a Cataluña. [Tesis Doctoral]. Universidad Politécnica de Cataluña. Barcelona. 1998.
  - 33 Durkin ME. Casualties, search and rescue, and response of the health care system. *Earthquake Spectra.* California. 1987;3:127-32.
  - 34 Safina S. *Vulnerabilidad Sísmica de edificaciones esenciales. Análisis de su contribución al riesgo sísmico.* [Tesis Doctoral]. Univ. Polit. Cataluña. Barcelona. 2002.
  - 35 Coburn AW, Spence RJS, Pomonis A. Factors determining human casualty levels in earthquakes: mortality prediction in building collapse. In: *Proceedings of the First International Forum on Earthquake related Casualties.* Madrid, Spain, July 1992. Reston, VA: U.S. Geological Survey.
  - 36 Coburn A, Spence R. *Earthquake Protection.* Second Edition, John Wiley and Sons Ltd., Chichester, England. 2002.
  - 37 Nuti C, Vanzì I. GHOST: A procedure and a program for the postearthquake scenario and probabilistic analysis of a regional hospital's network performance. *Reporti nº 1/99.* Università' degli Studi Gabriele D' Annunzio de Chieti. Chieti. Italia. 1999.

## Estimation and classification of potential severe earthquake victims in the metropolitan area of Granada

Martínez-Zaldívar Moreno M, Vidal Sánchez F, Gómez Jiménez FJ

**Objectives:** To predict the potential number of victims which caused by a hypothetical scale VIII earthquake VIII with the epicentre in Sierra Elvira (near Granada) and to classify the casualties based on of the location and severity of the injuries. These data were compared with those estimated for an other much less probable earthquake of scale IX in the same area.

**Methods:** An earthquake scenario simulator, SES 2002, and tables of human vulnerability proposed by Sopra and Schiavi were used.

**Results:** The expected estimates of damaged dwellings were 436 collapsed, 4787 heavily damaged and 21251 moderately damaged. The expected numbers of casualties were 313 deaths, 1865 people injured (of different categories) and 35113 people without home. Casualty triage was 73 of 1st category (very severe critical, red), 258 of 2nd category (moderate, yellow) and 1534 of 3rd category (walking wounded, green). The most frequent lesion locations were inferior limbs (26%) followed by polytraumatism (23%), head injuries (19%), upper limbs (13%), thorax (10%), pelvis (6%) and spinal cord lesions (3%).

**Conclusions:** These estimates are critical to adjust the Healthcare Action Plan and indicate that healthcare attendance must be graded, with a minimum of 6 Advanced Healthcare Positions established in less than 2 hours for immediate medical intervention, and in less than 8 hours for Units of Prehospital Stabilization and Units of Surgical Rescue should be installed for stabilization of critical patients. A field hospital is also necessary in case of earthquake I-IX or a reduction in the operability of Granada hospitals. [Emergencias 2008;20:198-206]

**Key words:** Earthquake. Emergency Medical Services. Triage. Natural disaster. Rescue work. Mass casualty incidents.

Si desea recibir periódica y puntualmente el sumario con el contenido de **EMERGENCIAS**, suscríbase gratuitamente a través de nuestra página web [www.semes.org](http://www.semes.org)

Así mismo le anunciamos que, desde principios de año, en dicha página web encontrará un buscador que le facilitará la identificación de los artículos que necesite consultar en base a un título, un autor, una palabra clave o una palabra que aparezca en el resumen. En estos momentos, nuestra base de datos contiene los textos completos de **EMERGENCIAS** desde 1997 hasta la actualidad