

Educación y formación para la mitigación y prevención del **RIESGO SÍSMICO** *en España*

El terremoto de Lorca de 2011 puso de manifiesto que, a pesar del buen comportamiento de las estructuras civiles, hubo importantes deficiencias en elementos no estructurales, así como desinformación y errores en el comportamiento de la población y las autoridades. Este terremoto fue un ejemplo del tipo de seísmos que se pueden esperar en España. Aunque estos fenómenos no se pueden predecir, sí se pueden prevenir. De hecho, las medidas para mitigar los daños materiales y humanos son sencillas, económicas y eficaces. Por ello, dentro del proyecto DimeRisk, se ha analizado el nivel de concienciación e información sobre riesgo sísmico de la población española y las principales lecciones del terremoto de Lorca, con objeto de realizar un plan educativo y formativo que reduzca el riesgo sísmico en España.

Por **F. MARTÍN-GONZÁLEZ**. Doctor en Geología y profesor de la Universidad Rey Juan Carlos, Madrid (fidel.martin@urjc.es).

S. MARTÍN-VELÁZQUEZ. Doctora en Geología y profesora de la Universidad Rey Juan Carlos.

M. BÉJAR. Doctora en Geología. Instituto Geológico y Minero de España.

J.J. MARTÍNEZ-DÍAZ. Doctor en Geología y profesor de la Universidad Complutense.

M.A. RODRÍGUEZ-PASCUA. Doctor en Geología. Instituto Geológico y Minero de España.

R. PÉREZ-LÓPEZ. Doctor en Geología. Instituto Geológico y Minero de España.

J. MORALES. Licenciado en Geología. Escuelas Francesas S.A.L.

J. A. LÓPEZ. Licenciado en Geología. IES Ramón Arcas Meca.

A. BARRANCO. Licenciada en Biología. IES Ibáñez Martín.

I. PALOMO. Licenciada en Matemáticas. Escuelas Francesas S.A.L.

Tras el terremoto de Lorca de 2011⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ se reconoció que, a pesar del buen comportamiento de las estructuras civiles (edificios, puentes, etc.; durante el terremoto sólo colapsó un edificio), hubo importantes deficiencias en elementos no estructurales (cornisas, voladizos, tapias, falsos techos, etc.) (figura 1), así como desinformación y errores en el comportamiento de la población y las autoridades (inapropiada reacción ante el terremoto, ineficiente evacuación de edificios, códigos confusos para clasificación del daño en viviendas, etc.). Las edificacio-



nes y elementos estructurales seguían y cumplían una estricta normativa sismorresistente (Norma de Construcción Sismorresistente Española, 2002)⁽⁴⁾ que evitó su colapso. Sin embargo, el desconocimiento de medidas básicas para la mitigación y prevención de daños y de víctimas ante un terremoto, como fijación de elementos no estructurales, comportamiento y medidas de autoprotección (figuras 1 y 2), ocasionó la mayoría de las víctimas (9 muertos y 324

Tras el terremoto de Lorca de 2011 se reconoció que, a pesar del buen comportamiento de las estructuras, hubo deficiencias en elementos no estructurales, así como desinformación y errores en el comportamiento de la población y las autoridades

heridos) y una parte importante de los daños materiales asociados a los elementos no estructurales (el mayor siniestro que ha afrontado el Consorcio de Compensación de Seguros, que abonó 460 millones de euros).

Los terremotos no son predecibles a día de hoy, aunque sí se conocen las zonas con más probabilidad de sufrirlos y las magnitudes que se pueden esperar. Los movimientos sísmicos no se pueden predecir, pero sí prevenir. En España, te-





Figura 1. En el terremoto de Lorca de 2011, la caída de elementos no estructurales como cornisas, paños de fachadas o muros causó la mayoría de los daños materiales y víctimas. Este terremoto es un ejemplo de los daños que puede sufrir una ciudad española ante un evento sísmico de moderada magnitud.



Figura 2. Durante el terremoto de Lorca de 2011 se identificaron los elementos peligrosos más característicos en una vivienda. Por ejemplo: a.- no tener armarios cerrados con pestillo, b.- elementos de estanterías que pueden caer sobre camas o sofás, y c.- elementos que por su peso pueden caer sobre personas y provocar graves heridas.

terremotos de magnitud media y moderada (menos de 6,5-7 grados de magnitud) han ocurrido en el pasado y pueden repetirse en el futuro, especialmente en el sureste español ⁽⁵⁾. Aunque el resto de la península Ibérica también ha sufrido importantes seísmos, como el terremoto y tsunami de Lisboa de 1755 (uno de los eventos más destructivos en Europa, que produjo más de 15.000 muertos en España), existe falta de concienciación sobre el riesgo que suponen. Esta ausencia de concienciación social y de planificación para prevenir el riesgo sísmico en España se debe a que los terremotos ocurren cada largos periodos de tiempo, es decir, el intervalo temporal entre seísmos es de muchos años. Sin embargo, terremotos de moderada magnitud pero altamente destructivos han asolado España en numerosas ocasiones, como por ejemplo los de Arenas del Rey en Granada (intensidad IX-X), Torrevieja en Alicante (inten-

sidad IX-X), Lorca (intensidad VI) e incluso el terremoto de Lisboa ocurrido frente a las costas del cabo de San Vicente⁽⁵⁾. A pesar de tratarse de magnitudes medias (aunque algunos con magnitud superior a 6) o moderadas, la importante densidad de población y la existencia de cascos antiguos en las ciudades españolas sin ninguna de las técnicas modernas de construcción frente a terremotos hace que los daños tanto económicos como personales sean muy altos ⁽²⁾.

El terremoto de Lorca de 2011 (magnitud de 5.1) fue un ejemplo del tipo de seísmos que se pueden esperar en el sureste de España, con magnitudes moderadas pero afectando a zonas muy pobladas, cuyas ciudades tienen cascos históricos antiguos y una población sin preparación sísmica⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾ (figuras 1 y 2). Por ello, estos terremotos, pese a su moderada magnitud, generan importantes daños y un elevado número de víctimas.

Las medidas para mitigar los daños materiales y humanos pueden llegar a ser muy complejas, pero en terremotos donde las construcciones resisten el colapso, las medidas de autoprotección y mitigación son sencillas, económicas y eficaces, siendo ampliamente aplicadas en numerosos países (por ejemplo, Estados Unidos, Italia, México o Nueva Zelanda)⁽⁶⁾⁽⁷⁾⁽⁸⁾. Estos países cuentan con programas educativos y de concienciación en las escuelas, hogares y centros de trabajo que reducen de manera significativa los daños y pérdidas ocasionadas por los seísmos.

El conocimiento sobre los terremotos es el primer paso para que los ciudadanos tomen conciencia y reconozcan las medidas de autoprotección que se pueden aplicar en caso de ocurrir. Reconocer la peligrosidad de la zona donde se vive, saber qué es un terremoto y por qué se produce son aspectos fundamentales

para entender las medidas de prevención y autoprotección que se pueden adoptar. Estas medidas son simples y de bajo coste, como identificar los elementos peligrosos para eliminarlos o fijarlos para que no se caigan y se rompan o hieran a las personas (por ejemplo, atornillar estanterías o fijar televisores, cerrar armarios con pestillo, etc.) (figura 2). Otras medidas a adoptar durante un movimiento sísmico son protegerse debajo de una mesa, mantener la calma y, sobre todo, no salir corriendo, así como el cumplimiento de planes de emergencia con vías de evacuación claras, el cierre de llaves de gas y la no utilización de ascensores, teléfonos o interruptores.

Tras el seísmo de Lorca, los miembros del proyecto DimeRisk, formado por profesores de universidad, enseñanza secundaria y primaria, con experiencia en enseñanza de Ciencias de la Tierra, y por equipos científicos espe-

El terremoto de Lorca fue un ejemplo del tipo de seísmos que se pueden esperar en España, con magnitudes moderadas pero que afecta a zonas muy pobladas

cializados en el estudio de fenómenos sísmicos, identificaron problemas de desinformación, de concienciación de los peligros de un terremoto y las medidas básicas a adoptar ante un seísmo. Las numerosas páginas web con información, carteles y decálogos parecía que no eran medios suficientemente eficaces para concienciar ante este riesgo natural. Por otro lado, el terremoto de Lorca ha permitido identificar los principales problemas que se pueden encontrar en un seísmo de características similares en España, y se pueden, por tanto, recoger las lecciones aprendidas de los aciertos y errores cometidos.

Por todo ello, dentro del proyecto DimeRisk, con el apoyo de FUNDACIÓN

MAPFRE, se ha elaborado un plan educativo y formativo para mitigar el riesgo sísmico en España, basado en las experiencias previas del equipo en seísmos y en las lecciones del terremoto de Lorca de 2011. El equipo ha participado en el estudio del terremoto de Lorca ⁽²⁾⁽³⁾, así como en terremotos en Italia y Nueva Zelanda.

Objetivos

El primer objetivo de este proyecto ha sido analizar el nivel de concienciación e información sobre riesgo sísmico de la población española tras el terremoto de Lorca, así como identificar las principales deficiencias:

- Se ha valorado el nivel de conocimiento según sectores de la población (estudiantes, profesores y población en general) en relación a medidas de autoprotección, mitigación y nivel de concienciación ante este riesgo natural.
- Se han identificado las principales lecciones del terremoto de Lorca de 2011, como fueron los tipos de daños más importantes que se observaron, los comportamientos de la población, etc. Estas cuestiones pueden ser aplicables a cualquier ciudad española que sufra un movimiento sísmico de características similares.

El segundo objetivo ha consistido en la realización de un plan educativo y formativo con distintos niveles, adaptado tanto por edades (colegios, institutos) como por sectores o escenarios (hogares y centros educativos). Se ha enfocado en función del nivel de conocimiento y tipo de comportamiento de la población y de los principales daños observados.



Latinstock

Se ha prestado especial atención al desarrollo de actividades para que puedan ser llevadas a cabo en los centros de enseñanza y formación, ya que por medio de la educación de los alumnos se pretende llegar también a los hogares y a toda la población (familiares). Los niños y jóvenes tienen una capacidad receptiva mucho más predispuesta que los mayores, así como la habilidad de interiorizar conceptos que los convierten rápidamente en personas con gran influencia a la hora de informar y concienciar a sus familias, amigos y al entorno en general. De esta forma, se ayudará a los estudiantes y futuros ciudadanos a alcanzar las competencias y destrezas mínimas necesarias para comportarse de forma adecuada ante un movimiento sísmico destructivo basándose en la comprensión del fenómeno sísmico desde su origen geológico hasta sus efectos en las edificaciones.

Desarrollo del proyecto

Para alcanzar los objetivos planteados, el proyecto se ha estructurado en tres etapas:

1. Se han realizado tres encuestas entre alumnos, profesores y población en general tanto de Lorca como de Madrid y Sevilla, para poder comparar además el nivel de conocimiento de poblaciones que ya han sufrido un terremoto y de otras con muy baja concienciación sobre este riesgo. En total, se ha encuestado a 491 alumnos de secundaria y bachillerato, con edades comprendidas entre 12 y 18 años (331 en Lorca y 160 entre Madrid y Sevilla), así como a 201 hogares (121 en Lorca y 80 entre Sevilla y Madrid). También se ha encuestado a 28 profesores de dos institutos de Lorca (IES José Ibáñez Martín e IES Ramón Arcas Meca).

Analizando las encuestas se identificó cuál es la percepción relativa del riesgo sísmico, los conocimientos reales so-

bre el fenómeno sísmico (fuentes que generan el terremoto, geología del seísmo, etc.) y el conocimiento real de las medidas de autoprotección y mitigación del riesgo sísmico de estudiantes, profesores y población en general. En las encuestas realizadas en Lorca también se preguntó sobre los daños que observaron, las reacciones que tuvieron, las principales lecciones aprendidas del terremoto, etc.

2. Teniendo en cuenta la información recogida en las encuestas sobre el terremoto de Lorca de 2011 y el nivel de conocimientos sobre seísmos, y a partir de la experiencia del equipo de trabajo en terremotos, se ha realizado el siguiente plan de trabajo:

■ Se ha recopilado, actualizado y homogeneizado la información disponible sobre prevención del riesgo sísmico y se ha adecuado a las características de la sociedad y del sistema educativo español.

■ Teniendo en cuenta toda esta información, se han elaborado las actividades y el material según edades y distintos niveles educativos. Los objetivos educativos hacia los que se centraron las actividades fueron:

- Didáctica del fenómeno sísmico, donde se explican los conceptos básicos sobre terremotos y los procesos geológicos que los generan.
- Autoprotección. Medidas a tomar tanto antes como durante y después del seísmo.
- Formación para formar. Material para profesores y equipos de formación para enseñar mediante actividades programadas cómo responder ante un terremoto y la realización de simulacros.

3. Finalmente, las actividades y el material con las medidas de evacuación y autoprotección se han implementado en centros educativos de Lorca, Sevilla y Madrid para comprobar la adecuación a





Latinstock

los niveles formativos y verificar que cumplieran los objetivos para los que fueron elaborados. La selección de centros educativos en distintas ciudades españolas se realizó para comprobar la eficacia de las actividades tanto en una población concienciada sobre el riesgo, como la de Lorca, como en otras con menor grado de concienciación.

Resultados y discusión

Conocimiento sobre el fenómeno sísmico y sobre medidas de mitigación y prevención

Centros de educación

Se ha realizado una encuesta a centros de educación secundaria de Madrid y Sevilla para conocer el nivel de conocimiento sobre el fenómeno sísmico y sobre medidas de mitigación y prevención (muestra de 160 alumnos de ESO y bachillerato). Ante la pregunta de si sa-

brían cómo actuar ante un terremoto, el 49 por ciento de los estudiantes afirman que sí sabe. Sin embargo, aunque refleja un alto porcentaje, se trata solo de una falsa percepción de conocimientos sobre las medidas, especialmente relacionada con escenas cinematográficas, ya que cuando se pregunta por medidas concretas o si saldrían corriendo en caso de terremoto, el 80 por ciento no conoce ninguna medida de autoprotección, el 75 por ciento saldría del aula corriendo y solo el 24 por ciento del total de encuestados se ha informado de cómo actuar en caso de sismo. Incluso medidas básicas, como protegerse debajo del pupitre, no son consideradas como una buena actuación para el 81 por ciento de los encuestados. Además, solo el 2 por ciento ha participado en un simulacro de terremoto. Los alumnos, por tanto, tienen una falsa percepción de conocimiento y de saber cómo se actúa ante un terremoto, pero en realidad desconocen las medidas básicas de autoprotección.

En cuanto al conocimiento del fenómeno sísmico, solo el 24 por ciento sabe lo que es una falla activa y únicamente el 19 por ciento sabe que las fallas generan terremotos y que estos se repiten de manera periódica en una zona.

Hogares

En cuanto a los hogares encuestados (muestra de 80 hogares), destaca que durante un terremoto el 79 por ciento no realizaría una acción básica como resguardarse bajo una mesa o cama, el 41 por ciento saldría corriendo y solo el 33 por ciento se ha informado de qué debe hacer en caso de terremoto. El conocimiento sobre medidas de prevención es

bajo y el 87 por ciento es consciente de que es necesaria una educación y concienciación ante este riesgo natural.

Centros de educación en Lorca

Se realizó la misma encuesta pero a alumnos de centros de educación de Lorca, que están altamente concienciados sobre el riesgo sísmico, para conocer su nivel de conocimiento (muestra de 331 alumnos). Destaca la gran labor de los centros de educación en relación al riesgo sísmico después del terremoto en esta ciudad murciana, ya que el 94 por ciento de los alumnos ha participado en algún simulacro de terremoto y el 100 por ciento dice conocer alguna media de autoprotección frente a un sismo. Además, el 90 por ciento de los alumnos encuestados en Lorca admite que no se puede conocer cuándo ocurrirá el próximo terremoto, pero saben que se repetirán en el futuro.

Sin embargo, a pesar de considerar que después del sismo de 2011 saben cómo actuar en un terremoto (99 por ciento), solo el 44 por ciento sabría cómo actuar en caso de que un terremoto le ocurriera en la calle, solo el 37 por ciento ha hablado en casa sobre cómo actuar en caso de un nuevo sismo y el 36 por ciento no tiene localizados los principales focos de peligro en el aula. Finalmente, es destacable que en una región como Murcia, que ha sufrido numerosos terremotos destructivos en el pasado –la ciudad de Lorca aún conserva restos de los sismos de 1674 y de 1818–, solo el 50 por ciento de los estudiantes sabía antes del terremoto ocurrido en 2011 que en la Región de Murcia ya habían ocurrido previamente sismos destructivos.

Lecciones aprendidas del terremoto de Lorca de 2011

Se ha realizado una encuesta exclusivamente a los alumnos de Lorca para conocer sus reacciones durante el terremoto de 2011. De esta reacción destaca que solo el 4 por ciento se agachó y se cubrió debajo de una mesa (figura 3a), solo el 38 por ciento esperó a que finalizara el temblor para salir de la vivienda y apenas el 5 por ciento abandonó los edificios de forma ordenada siguiendo rutas de evacuación. De hecho, la sensación de la población después de comprobar los daños causados por el movimiento sísmico fue que no actuaron correctamente para hacerle frente (76 por ciento).

En relación a los principales daños que los profesores identificaron en el centro (figura 3b) tras el terremoto de 2011, destacan la caída de tabiques/techos (25 por ciento), las grietas (20 por ciento), la rotura de alicatados y la caída de estanterías y muebles (13 por ciento).

En cuanto a la población en general (muestra de 122 hogares), a pesar de que el 49 por ciento de los encuestados consideran que su actuación fue correcta durante el terremoto, solo el 11 por ciento se agachó y se cubrió debajo de una mesa, y el 48 por ciento no salió corriendo de la vivienda. El 20 por



Latinstock

ciento no respetó los códigos de colores para entrar en las viviendas dañadas. Solamente el 33 por ciento cerró las llaves de agua y gas tras el terremoto. El 52 por ciento asegura que mantuvo la calma y el 46 por ciento esperó a que finalizara el temblor para salir de la vivienda.

Los principales errores que los encuestados consideran que cometieron durante el terremoto fueron (figura 4a): salir corriendo (43 por ciento) y no cubrirse (14 por ciento), seguido de no mantener la calma (7 por ciento), volver a entrar en casa sin que un técnico verificara su estado (4 por ciento), evacuar con objetos y bolsas (3 por ciento) o preocuparse

por sujetar objetos para que no cayeran al suelo (2 por ciento).

En relación a los errores cometidos por otros vecinos, autoridades, fuerzas de seguridad, etc. (figura 4b), el 25 por ciento de los encuestados considera que no se cometieron errores y el 17 por ciento opina que hubo falta de información y organización. Un 18 por ciento cree que el principal error fue salir corriendo a la calle y no mantener la calma y el 4 por ciento cree un error la vuelta a las viviendas.

Los principales daños que sufrieron las viviendas tras el terremoto fueron principalmente grietas (40 por ciento), caída de paredes, muebles, objetos pesados y

Figura 3. Comportamiento de estudiantes ante el terremoto de Lorca de 2011 y principales daños que sufrieron los centros educativos.

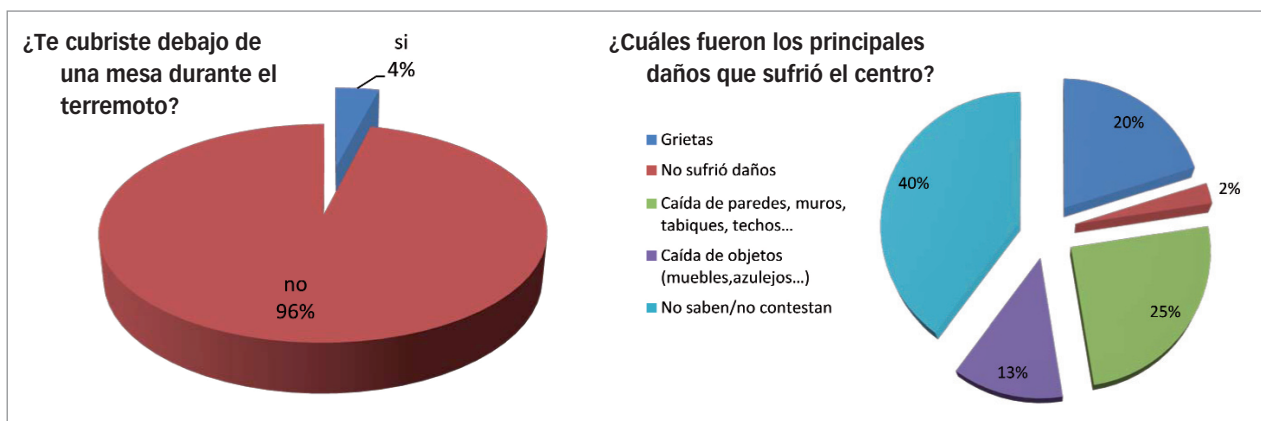
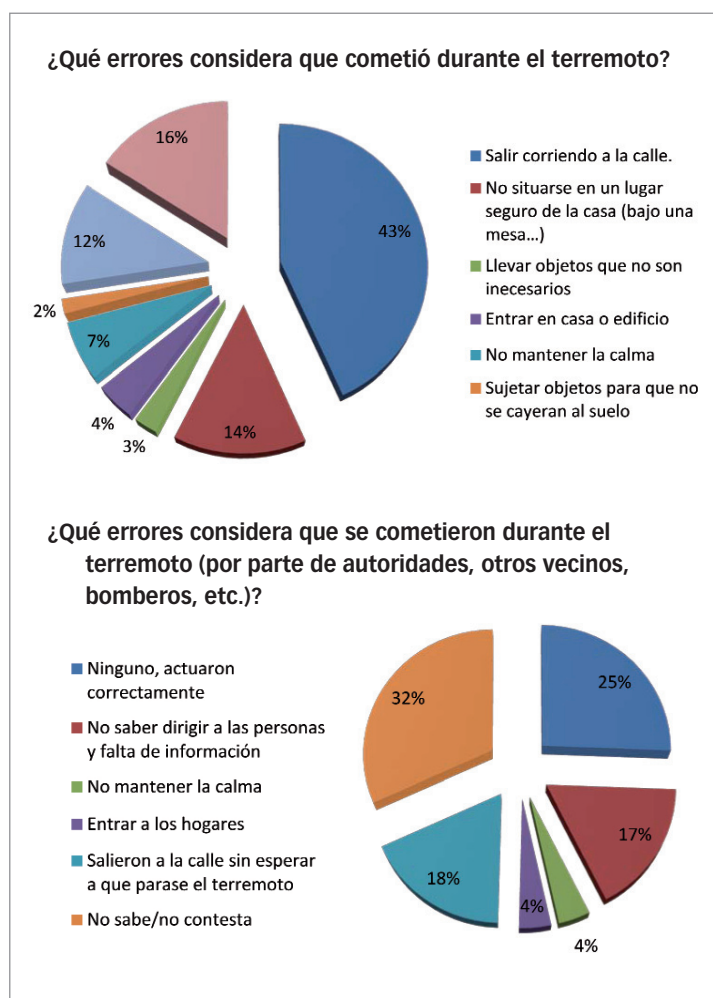


Figura 4. Principales errores que los encuestados consideran que cometieron durante el terremoto de Lorca. Y principales errores que los encuestados consideran que cometieron las autoridades, otros vecinos, los bomberos etc.



azulejos (19 por ciento), caída de techos, muros, etc. (16 por ciento) y, en menor medida, destrucción de la planta (4 por ciento), rotura de pilares (3 por ciento), de tuberías (3 por ciento) y de ventanas (1 por ciento).

Tras el terremoto, los encuestados consideran que los daños no estructurales que observaron en sus hogares fueron: caída de muebles y estanterías (24 por ciento), caída de objetos de las estanterías (17 por ciento), caída de monitores y televisores (16 por ciento) y rotura de cristales (10 por ciento); en menor medida destacan la caída de lámparas (9 por ciento), rotura de alicatados y azule-

jos (3 por ciento), caída de chimenea (1 por ciento) y caída de cornisas (1 por ciento) (figura 2).

En los hogares de Lorca, incluso después del terremoto de 2011 (figura 5a), no se han llevado a cabo medidas de prevención en el 26 por ciento de los hogares. Sin embargo, tras el seísmo y en vista de los principales daños sufridos por las viviendas, las medidas más



Figura 5. Principales medidas tomadas en los hogares lorquinos tras el terremoto, e importante concienciación de la necesidad de un plan educativo para mitigar y prevenir los daños por terremotos.

implementadas por la población han sido fijar estanterías (26 por ciento), fijar calentadores de agua (17 por ciento), fijar lámparas (13 por ciento), fijar cuadros (12 por ciento) y fijar pantallas de televisión (6 por ciento). Uno de los peligros que más se puso de manifiesto durante el terremoto de 2011 fue la caída de objetos, especialmente encima de la cama. A raíz del seísmo, el 61

El conocimiento sobre los terremotos es el primer paso para que los ciudadanos tomen conciencia y reconozcan las medidas de autoprotección que se pueden aplicar en caso de producirse



Figura 6. Principales daños observados en los centros educativos de Lorca en el terremoto de 2011: caída de paredes y rotura de alicatados en el interior y caída de ornamentación en el exterior. Durante un terremoto caen objetos pesados que pueden herir a las personas que están intentando salir de los edificios corriendo. Por esto, el mejor refugio durante un seísmo está debajo de mesas y pupitres.

por ciento de los encuestados ha tomado medidas y ha retirado los objetos situados encima de la cama.

Por otro lado, el 89 por ciento de los encuestados no ha preparado una pequeña mochila de emergencia y bidón de agua, una medida importante para sobrellevar las horas posteriores al seísmo.

Finalmente, tras realizar la encuesta, el 93 por ciento de los participantes reconoce que es necesaria una educación y concienciación en la materia para saber cómo actuar ante un movimiento sísmico (figura 5b).

La conclusión más destacable respecto al conocimiento de estudiantes y población en general sobre el fenómeno sísmico y las medidas de prevención y mitigación del riesgo sísmico se puede resumir en una falsa percepción de conocimiento de las medidas ante un terremoto, ya que ante las preguntas concretas sobre las medidas adoptadas en los hogares o sobre cómo reaccionar durante el terremoto las respuestas suelen ser erróneas.

Material resultante

Para suplir las deficiencias o conceptos erróneos en formación observados, y atendiendo a los principales peligros y errores que se identificaron en el terremoto de Lorca de 2011, se ha elaborado una serie de recursos educativos y formativos.

Se han realizado un total de 34 actividades educativas y formativas: 6 para infantil, 14 para primaria y 14 para secundaria y bachillerato. También se han elaborado dos guías para primaria y una para secundaria y bachillerato.

Las actividades y guías están adaptadas a cada nivel educativo, pero, independientemente del nivel, todas abordan alguno de estos tres aspectos básicos de los terremotos:

- ¿Por qué hay terremotos?
- ¿Qué es un terremoto y qué daños produce?
- ¿Cómo me protejo de un terremoto?

Para resolver la primera pregunta, se han desarrollado actividades que tratan sobre la estructura interna de nuestro planeta, la tectónica de placas, las fallas o el comportamiento de las rocas, entre otras cuestiones. Respecto a la definición de terremoto, las actividades formativas están relacionadas con su medición, magnitud, las ondas sísmicas y su localización. Y por último, en la protección frente a terremotos, las actividades cubren las medidas de prevención y protección que los ciudadanos deben seguir antes, durante y después de que se produzca un seísmo (figuras 7 y 8).

Las guías recogen todas las cuestiones teóricas que se tratan en las actividades y, por lo tanto, también responden a las tres preguntas fundamentales sobre terremotos. Sirven de apoyo a los profesores, pero también tienen un carácter divulgativo, para que los alumnos trasladen los conocimientos adquiridos en el aula a sus familias y personas cercanas.

Además, se han elaborado guías de medidas de prevención y autoprotección ante terremotos destinadas a hogares y centros educativos, donde se explican las actuaciones más importantes que deben tomarse antes, durante y después de un movimiento sísmico para mitigar los da-

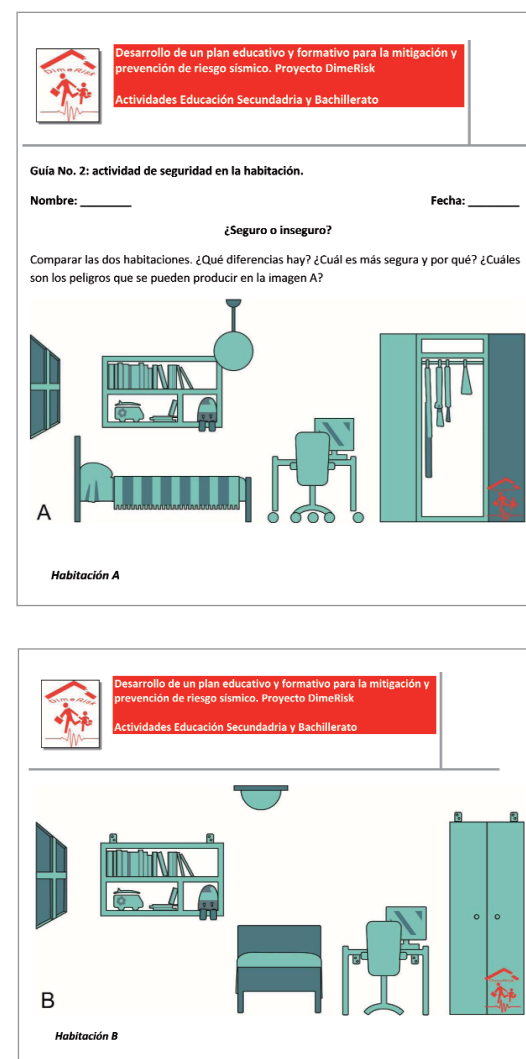


Figura 7. Ejemplo de actividad elaborada dentro del proyecto DimeRisk.

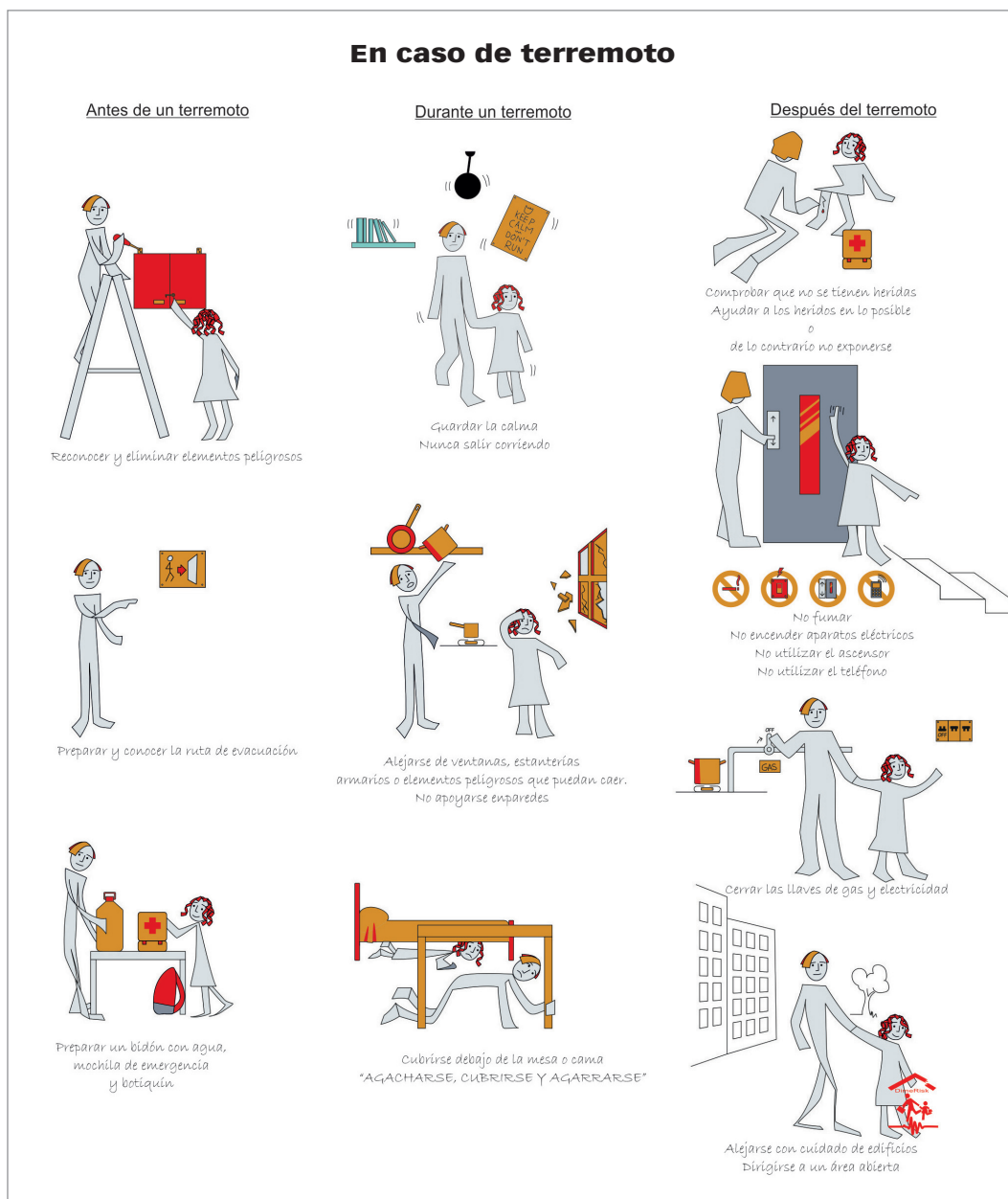


Figura 8. Decálogo de recomendaciones «En caso de terremoto», con actuaciones para antes, durante y después del seísmo.

ños y reducir el número de heridos. Estas guías incluyen un resumen final de las medidas más importantes en forma de decálogo y de tríptico (figura 8).

Resumen de las actividades sobre terremotos

Educación infantil

1. Conoce la Tierra (I). Bajo el título «Conoce la Tierra» se proponen tres actividades para que los alumnos se familiaricen con la estructura de la Tierra.

En esta primera actividad, los niños podrán hacer un modelo de las capas que forman nuestro planeta: corteza, manto y núcleo.

2. Conoce la Tierra (II). Esta segunda actividad consiste en que el maestro utilice una naranja para mostrar que la capa exterior de nuestro planeta (la corteza) está rota en piezas (las placas tectónicas) que encajan como un puzzle y que al moverse producen terremotos.

3. Conoce la Tierra (III). Esta tercera actividad consiste en que los alumnos re-

presenten (dibujando o coloreando según la edad) las diferentes capas del planeta y la corteza dividida en placas para fijar los conceptos básicos sobre la estructura del globo terrestre.

4. La mochila amiga. Esta actividad expone la necesidad de tener a mano una mochila de supervivencia ante la posibilidad de que ocurra un terremoto. Para ello, los niños/as tienen que tener claro qué materiales u objetos deben almacenarse en ella. La actividad consiste en familiarizarse con estos elementos y en te-

Decálogo de recomendaciones

Antes de un terremoto

- Reconocimiento y eliminación de elementos peligrosos.
- Preparar y conocer la ruta de evacuación.
- Preparar un bidón de agua, mochila de emergencia y botiquín.

Durante un terremoto

- Guardar la calma y nunca salir corriendo.
- Alejarse de ventanas, estanterías o zonas donde puedan caer objetos tales como cuadros, sartenes, cacerolas, lámparas, etc.
- Colocarse en los lugares seguros (debajo de mesas o camas). «Agacharse, cubrirse y agarrarse».

Después del terremoto

- Comprobar que no se tienen heridas. Ayude en lo posible o de lo contrario no se exponga.
- No utilizar el teléfono ni ascensores.
- Cierre la llave de gas y la electricidad.
- Alejarse con cuidado de los edificios. Sin correr, dirigirse hacia un área abierta.

ner muy presente la importancia de poder disponer de ellos en caso de emergencia. En la actividad, cada niño creará los objetos necesarios, pintándolos y recortándolos, y los meterá en un sobre que representará la mochila. Al final se hablará de la utilidad de cada objeto para tenerlos en una mochila en caso de terremoto.

5. ¡Todo tiembla durante un terremoto! Esta actividad consiste en construir una sencilla maqueta de una habitación que posteriormente agitaremos para mostrar a los niños cómo se comportan los objetos y cuáles son los lugares seguros para refugiarse. De esta forma tan didáctica, los alumnos observarán qué les ocurre a los objetos y personas que están en una habitación durante un movimiento sísmico.

6. ¿Cómo actuar en caso de terremoto? Esta actividad consiste en realizar un simulacro de sismo con los niños para que aprendan 1) a protegerse durante un terremoto y 2) a abandonar el edificio en el menor tiempo posible y de acuerdo a las normas de seguridad.

Educación primaria

1. Conoce la Tierra. Serie de actividades, cuya complejidad aumenta progresivamente, para entender mejor la estructura de la Tierra. La primera actividad trata de acercar la estructura de la Tierra a los alumnos con una imagen sencilla en la que tendrán que completar los nombres de las distintas capas. La segunda actividad consiste en una serie de preguntas tipo test para que los alumnos comprueben las cuestiones que han aprendido. Se corregirán entre todos y se aclararán las dudas que hayan surgido. Como última actividad, proponemos una manualidad para hacer un modelo de la Tierra con esferas de espuma Flex.

2. El enigma de los terremotos. Se propone esta actividad dinámica para



que los niños pongan en práctica lo aprendido en clase o en las demás actividades, con objeto de desarrollar los conceptos más generales sobre terremotos. Los alumnos dispondrán de un rompecabezas que, por un lado, tiene la imagen de las tectónica de placas y, por otro, una explicación sencilla de cómo se producen los seísmos. Tienen que recopilar los trozos ocultados en diferentes sitios y descifrar el mensaje oculto en la explicación.

3. Placa contra placa. Para entender los terremotos es necesario saber dónde se producen. Esta actividad explica los desplazamientos entre placas tectónicas y la formación de montañas y volcanes debido a estos movimientos. Se describirán los tres escenarios que pueden ocurrir: las placas se separan, las placas chocan y las placas se deslizan entre ellas. Estas situaciones serán representadas por seis alumnos que harán de placas tectónicas y utilizarán tres tipos de materiales distintos para simular los límites de las placas.

4. El mapa de los terremotos de España. Actividad para fomentar el aprendizaje de las regiones españolas que tienen una mayor sismicidad. La mera explicación de este tema no resulta atractiva para los más pequeños; por eso, se

propone compaginar el aprendizaje sísmico con la creatividad, la habilidad manual, la coordinación de los colores, etc. Los alumnos tendrán que realizar un mapa de España en el que deberán situar la sismicidad.

5. Los rizos del suelo. Esta actividad la realizamos para entender mejor el tipo de ondas sísmicas asociadas a un terremoto, su orden de llegada e incluso cuáles son más rápidas o más lentas. En esta actividad de cooperación participarán todos los niños/as de la clase, y es necesaria su implicación para que la actividad se desarrolle de forma fluida, como el movimiento de una onda.

6. Terremoto, ¿cuánta fuerza tienes? Según aumenta la magnitud de la escala de Richter, los seísmos liberan más energía y pueden hacer temblar una habitación entera, un colegio, una ciudad. Con esta actividad trataremos de que los niños entiendan el concepto de magnitud de un terremoto (pequeño, intermedio, grande) mediante un símil en el que ellos mismos actuarán como terremotos. Los alumnos se dispondrán en un grupo con los brazos entrelazados. Un miembro de la clase quedará fuera del grupo (simulará un movimiento sísmico) e irá separando compañeros del grupo (destruyendo el grupo).

Para suplir las deficiencias observadas se ha elaborado una serie de recursos educativos y formativos, dentro de un plan de mitigación y prevención del riesgo sísmico en España

7. Terremoto a la pasta. El tamaño de los terremotos se describe mediante lo que se conoce como la escala de magnitud de Richter. Los valores altos de magnitud (por ejemplo, 7, 8, 9) indican que el movimiento sísmico es muy fuerte y devastador, mientras que los valores bajos (por ejemplo, 1, 2, 3) hacen referencia a terremotos muy pequeños. Para simular la escala de Richter se utilizarán distintos paquetes de espaguetis, que los alumnos intentarán romper para generar movimientos sísmicos de distinta magnitud.

8. La mochila de emergencia. Esta actividad expone la necesidad de tener a mano un *kit* de supervivencia ante la posibilidad de que ocurra un terremoto. Para ello los niños/as tienen que tener claro qué materiales u objetos deben almacenarse en esta mochila. El juego consiste en familiarizarse con estos elementos y en tener muy presente la importancia de que al menos un miembro del grupo, tanto en el cole como en casa, disponga de esta mochila. En esta actividad se harán dos grupos, donde cada uno de ellos tendrá un número asignado. Al oír su número, saldrán corriendo y deberán alcanzar antes que el equipo contrario el objeto que el profesor tenga en la mano y volver a su equipo. Una vez que consigan el material, lo meterán en una mochila que previamente se les ha dado. El equipo que consiga más objetos y tenga la mochila mejor preparada será el vencedor. En caso de empate en objetos recogidos, podremos añadir valor a cada uno de ellos (figura 9).

9. **¡Qué mareo!** Se trata de un juego muy sencillo para familiarizarse con la sensación de mareo que se tiene durante un terremoto. Los niños intentarán se-

guir una línea recta, después de haber dado un par de vueltas sobre sí mismos. Al dar las vueltas, notarán como el suelo «se mueve» y les costará caminar rectos por la línea. Esta sensación es parecida a la que se tiene cuando el suelo tiembla a causa de un terremoto.

10. **¡Qué desastre!** Esta actividad muestra los daños que se producen durante un terremoto en el mobiliario, decoración y elementos arquitectónicos de dos escenarios conocidos: la habitación de una casa y el aula de un colegio. Los alumnos dispondrán de una imagen anterior al terremoto así como una serie de fichas (un ‘tick’ y un ‘aspa’) para identificar los lugares en los que se situarían en caso de sismo y aquellos que son peligrosos. Con la imagen posterior al terremoto podrán comprobar si sus selecciones eran o no correctas, y aprenderán cómo deben protegerse.

11. El pupitre protector. Esta actividad hace referencia al famoso juego de las sillas, incorporando la variable de los pupitres en lugar de las sillas. Colocaremos las mesas en círculo y los niños/as se pondrán a dar vueltas alrededor de ellas mientras que suena una música. Cada cierto tiempo la música se parará y los niños tendrán que meterse debajo del pupitre, protegerse con una mano la cabeza y con la otra agarrar una de las cuatro patas de la mesa (medidas de autoprotección en caso de terremoto). Cada ronda un alumno quedará descalificado del juego. Es importante dedicar tiempo a esta actividad, puesto que se enseña una de las medidas de autoprotección básicas que se debe seguir ante un sismo.

12. Control durante un terremoto. Esta actividad ejercita el control del impulso de salir corriendo en una situación de peligro como la de un terremoto. Dos personas se toman de las manos frente a frente para formar una casa. Dentro de ella se coloca otra persona que hace las veces de inquilino. Así, se



Figura 9. Ilustración realizada para la actividad «¿Cómo prepararse para un terremoto?: mochila y contenedor de supervivencia», donde se indica cómo preparar un contenedor de supervivencia que permitirá sobrellevar las primeras horas después del seísmo.

forman tríos y, además, una persona se debe quedar fuera y se encargará de dar una serie de órdenes para que se mueva uno de los dos tejados de la casa, el propio inquilino, o todos diciendo la palabra ¡TERREMOTO! Los alumnos deberán realizar estos intercambios y movimientos de una forma tranquila y pausada, puesto que esta es la manera adecuada de comportarse durante un movimiento sísmico.

13. Simulacro de un terremoto. Una de las tareas más importantes relacionadas con los terremotos son sus simulacros. Sin embargo, un simulacro de terremoto para niños debe ser una actividad tanto de aprendizaje como participativa y divertida, sobre todo para los más pequeños. En este caso se propone contar un cuento y cantar un *rap* para enseñarles a protegerse durante un terremoto y a abandonar el edificio en el menor tiempo posible y de acuerdo a las normas de seguridad.

14. Imaginando un terremoto. Después o antes de una actividad intensa es apropiado un ejercicio de relajación, como puede ser el de guiar a los niños a través de la imaginación. Para ello se propone esta actividad que guía a los niños por un escenario en el que se ha producido un terremoto y donde los alumnos expresan sus sentimientos, inquietudes, y las formas de actuar que tendrían ante un movimiento sísmico real.

Educación secundaria y bachillerato

1. La máquina de terremotos. En esta actividad se propone estudiar la formación de seísmos a partir de un sencillo modelo físico. Los alumnos suelen tener problemas para comprender que el comportamiento elástico de las rocas produce los terremotos: mecanismo de rebote elástico o bloqueo-deslizamiento. Sin embargo, con la máquina de terremotos podrán visualizar este sistema físico, y les ayudará a construir/am-

pliar/reemplazar su conceptualización del fenómeno sísmico. Trabajarán de forma colaborativa en pequeños grupos para hacer observaciones con el modelo, recopilar datos, representarlos gráficamente, comprobar hipótesis e investigar: a) cómo la energía se almacena elásticamente en las rocas y repentinamente es liberada en forma de movimiento sísmico, y b) por qué algunos terremotos son pequeños y otros grandes.

2. Asperezas de una falla: precursor, evento principal y réplicas de un terremoto. Esta actividad muestra cómo se produce la ruptura de una falla y el tipo de terremoto que se origina mediante un sencillo modelo físico: el modelo de asperezas. La rotura de un plano de falla y su deslizamiento se producen progresivamente a medida que los sectores de la superficie que estaban bien soldados o bloqueados, conocidos como asperezas, se van rompiendo o desbloqueando. Este proceso conlleva una sucesión gradual de terremotos: precursor, evento principal y réplicas. Con el modelo de asperezas (espaguetis que resisten el movimiento opuesto de dos bloques de madera), los alumnos visualizan este mecanismo y la secuencia de seísmos.

3. ¿Cuántos terremotos pequeños y grandes hay? Relación Gutenberg-Richter. Esta actividad consiste en tres ejercicios para que los alumnos comprendan la relación Gutenberg-Richter: el número de terremotos de una región varía aproximadamente un orden de magnitud por cada incremento en la magnitud sísmica del terremoto. En el primer ejercicio, se proporcionan los valores de sismicidad media anual en todo el mundo para que los alumnos conozcan el tipo de gráfico que se debe usar para representar este tipo de información y deduzcan la ecuación que describe la relación Gutenberg-Richter. En el segundo, representarán la sismicidad en la península Ibérica en el periodo 1985-2013,

calcularán el parámetro *b* y compararán los resultados con la serie mundial. Y en el último ejercicio, trabajarán con la sismicidad de 2013 para que deduzcan que se necesitan grandes periodos de tiempo para caracterizar la sismicidad de una región. El guion del alumno está realizado para que tome contacto y profundice en la relación Gutenberg-Richter de forma autónoma, aunque asesorado por el profesor.

4. Haciendo fallas. Las rocas, a temperaturas y presiones bajas características de la parte más superficial de la Tierra, se comportan de manera frágil. Es decir, se fracturan si se les aplica un esfuerzo elevado. Esos planos de rotura se denominan fallas si sobre ellos se produce un movimiento de las rocas del



terreno. Los terremotos se originan precisamente con el desplazamiento de las fallas. En esta actividad, los estudiantes conocerán los distintos tipos de fallas que se producen por los diferentes tipos de esfuerzos y movimientos de placas y su relación con los terremotos.

5. Cuadrados contra triángulos: resistencia de edificaciones en mesa de ensayo de terremotos. Los daños causados por un seísmo se deben con frecuencia a la inadecuada construcción de los edificios o a la no adopción de medidas sismorresistentes para la zona en que se sitúan. No respetar algunas de estas medidas en relación con el área geográfica en que se construyen son algunas de las causas que generan más daños a la población. Magnitudes semejantes producen ca-

Entre los recursos formativos del programa destacan un total de 34 actividades para los alumnos: 6 para infantil, 14 para primaria y otras 14 para secundaria y bachillerato

tástrofes mayores en unas áreas que en otras. ¿A qué se debe? Con esta actividad los alumnos aprenden a identificar elementos constructivos que hacen los edificios más seguros en caso de terremoto donde las oscilaciones en la horizontal son muy altas.

6. Distancia de la construcción al epicentro. Los daños causados por un seísmo se deben con frecuencia a la inadecuada construcción de los edificios para la zona en que se sitúan. El hacinamiento de los mismos y no respetar algunas consideraciones básicas en relación con

el área geográfica son algunos de las causas que generan más daños. Por otra parte, la resistencia de las edificaciones depende de la oscilación de las mismas, que en muchos casos depende de la distancia al epicentro. Magnitudes semejantes producen catástrofes mayores en unas áreas que en otras. ¿A qué se debe? Con esta actividad los alumnos aprenden a identificar cómo la vibración del terreno que genera el terremoto afecta a los edificios (periodos de oscilación), haciendo que se comporten de manera diferente, así como su fundamento teórico.

7. Un terremoto de gelatina: tipo de sustrato y topografía local. El tipo de sustrato sobre el que se asienta un edificio es un factor fundamental en su resistencia frente a terremotos. Cuando el seísmo se produce, los sustratos blandos oscilan con mayor amplitud de onda y durante más tiempo que los suelos rocosos, con el consiguiente peligro para las edificaciones, especialmente para las de mayor altura. Otro factor que incrementa los daños en las edificaciones es el efecto topográfico, ya que en terrenos elevados se produce una amplificación de las ondas, de tal modo que la vibración en la cima de una colina es más acusada que en la base. Además, ambos factores pueden combinarse. En esta actividad comprobaremos este hecho.

8. Fracturas conjugadas y paralelas. La propagación de las ondas sísmicas genera en muros fracturas orientadas según la dirección de movimiento del terreno. Uno de los efectos que produce la vibración de edificios sobre las paredes es la formación de fracturas conjugadas (en forma de X) o paralelas. Se producen por movimientos cíclicos inducidos por las ondas sísmicas. La formación de frac-



Latinstock

turas en cruz es propia de muros paralelos a la dirección de movimiento, mientras que las paralelas son características de muros perpendiculares a la dirección del movimiento del terreno. En esta actividad se reconocerán el EAE (efecto arqueológico de terremoto) y cómo su orientación indica la orientación del movimiento del terreno durante el seísmo.

9. Efectos de fallas sobre construcciones lineales. La presencia de fallas activas en una zona que atraviesa una obra lineal (carreteras, ferrocarril, oleoducto, tendido eléctrico, muros, etc.) puede afectar seriamente a las obras en caso de rotura de la falla durante el terremoto. Debido a que estas obras intersectan la falla en un punto, los daños se encuentran localizados y se pueden tomar las medidas para evitarlos. Con esta experiencia se visualizarán los efectos que el movimiento o salto de fallas pueden causar en obras lineales, y se identificarán y valorarán diversos daños que pueden sufrir estructuras lineales como consecuencia del movimiento de fallas, así como las medidas constructivas que se pueden tomar para evitar los daños.

10. SOS. Peligros de un terremoto. En un seísmo, la liberación repentina de energía elástica en forma de ondas sísmicas rara vez es la causa directa de muertos y heridos. La mayoría de las víctimas son el resultado de desprendimientos, roturas o caídas de objetos e incluso por actos humanos marcados por la imprudencia y el pánico. Gracias a esta actividad, los alumnos aprenderán a identificar los peligros asociados a elementos que formen parte de la escuela (estanterías, libros, ventanas, etc.) cuando tenga lugar un seísmo y, de esta manera, mitigar los riesgos asociados y evitar situaciones de pánico.

11. A por un hogar seguro. En un terremoto, la liberación de energía en forma de ondas sísmicas rara vez es la causa directa de muertos y heridos. De hecho,



el lugar más seguro durante un seísmo es el campo abierto. La mayoría de las víctimas son el resultado de desprendimientos, roturas o caídas de objetos e incluso por actos humanos marcados por la imprudencia y el pánico. Mediante esta actividad, los alumnos aprenderán a identificar los peligros asociados a elementos no estructurales que formen parte de su hogar (mobiliario, decoración, ventanas...) cuando tenga lugar un terremoto y, de esta manera, estar bien informados y preparados para evitar situaciones de riesgo.

12. Juego de rol: la evacuación. Para tranquilizar al alumnado y ayudar a que reaccione correctamente en caso de terremoto, es importante que sepan que cuando ocurre un seísmo existe un amplio dispositivo de seguridad que se pone en marcha para acudir en su socorro

y normalizar la situación. Esta actividad tiene como finalidad dar a conocer al alumnado los diferentes cuerpos de emergencia que intervienen inmediatamente después de un movimiento sísmico y mostrarles las actuaciones que llevan a cabo cada uno de ellos. Se llevará a cabo mediante un juego de rol. Es una forma de aprender jugando y de interiorizar cómo enfrentarse a una situación similar.

13. El grito. Un terremoto pone a prueba no solo nuestras construcciones, sino también nuestra capacidad de respuesta ante una situación aterradora. Por este motivo, es importante conocer cómo se reacciona ante situaciones de miedo y estrés. Esta actividad consistirá en realizar un concurso de gritos aterradores y con ella se concienciará a los alumnos sobre lo importante que es saber reaccionar cuando hay una situación de emer-



Se han elaborado dos guías, para distintas edades escolares, que proporcionan un conocimiento básico sobre los terremotos y ofrecen pautas de actuación para hacerles frente

aprenderán que debe contener los productos a los que los miembros de una familia no va a tener acceso en esos primeros días porque fallan los suministros generales, que podrán ser utilizados cuando las autoridades permitan regresar de nuevo al edificio porque las condiciones son seguras, y que tiene que estar guardado en un armario, almacén o despensa. El último apartado de la actividad se realizará en los hogares, permitiendo que los familiares de los alumnos conozcan este tipo de medida de prevención en caso de terremoto.

Resumen de las guías sobre terremotos

Educación primaria

Se han realizado dos guías para primaria, una adaptada a alumnos de 6 a 9 años (*Conoce nuestra Tierra. Guía sobre terremotos para alumnos de 1º, 2º y 3º de educación primaria*) y otra dirigida a alumnos de 9-12 años (*Conoce nuestra Tierra. Guía sobre terremotos para alum-*

nos de 4º, 5º y 6º de educación secundaria). Proporcionan un conocimiento básico sobre el fenómeno sísmico, y en ellas se describe por qué hay terremotos en la Tierra, qué son y cómo debemos actuar para estar protegidos en caso de que ocurran.

Educación secundaria, bachillerato y apoyo a formadores

Se ha elaborado una guía enfocada a los profesores o formadores (*Apuntes sobre terremotos*) con los principales conceptos sobre terremotos, magnitudes, fallas, ondas sísmicas, etc., que puede ser leída de manera independiente o como apoyo a previo a la realización de las actividades por parte del profesor. El nivel divulgativo también permite su lectura por alumnos y población en general interesada en terremotos. ♦

Agradecimientos

Esta investigación ha sido financiada por FUNDACIÓN MAPFRE (Ayudas a la Investigación 2012).

gencia. Asimismo, se debatirá sobre las reacciones de pánico y terror ante situaciones límite y se reflexionará sobre si estas conductas son positivas o negativas.

14. ¿Cómo prepararse para un terremoto? Mochila y contenedor de supervivencia. Una de las principales medidas de prevención frente a un terremoto es la preparación de *kits* con artículos de primera necesidad para los cuatro días después de la catástrofe: mochila y contenedor de supervivencia. En esta actividad de simulación, los alumnos confeccionarán estos dos tipos de *kits*. Conocerán que la mochila debe contener los artículos que puede necesitar una persona durante un día, por lo que tiene que ser fácil de transportar, y debe recogerse al desalojar el edificio justo después del terremoto, por lo que tiene que estar en un lugar accesible. Respecto al contenedor,

Referencias

- [1] Martínez Díaz J. J.; Rodríguez-Pascua M. Á.; Pérez López R.; García Mayordomo J.; Giner Robles J. L.; Martín-González F.; Rodríguez Peces M.; Álvarez Gómez J. A.; Insua Arévalo J. M. (2011): «Informe geológico preliminar del terremoto De Lorca del 11 de mayo del año 2011, 5.1 Mw (20 de marzo de 2011)» <http://www.igme.es/>
- [2] Martín-González F., Rodríguez-Pascua M.A., Pérez-López R., y Giner-Robles J.L., (2012) Reconocimiento y estudio de los efectos arqueosísmicos generados en el patrimonio durante el terremoto de Lorca: Proyecto RESCATELO. *Ciencia y Arte* 4, 21-25
- [3] Rodríguez-Pascua, M.A. Pérez-López, R. Martín-González, F. Giner-Robles J.L. y Silva P.G. (2012). Efectos arquitectónicos del terremoto de Lorca del 11 de mayo de 2011. *Neofor-*
- ción y reactivación de efectos en su Patrimonio Cultural. *Boletín Geológico y Minero* 123(4): 487-502.
- [4] NCSE-02. 2002. Norma de construcción sismorresistente: Parte general y edificación. BOE 244:35898-35967.
- [5] Información sísmica. Instituto Geográfico Nacional. <http://www.01.ign.es/ign/layout/sismo.do>
- [6] Instituto Geológico de Estados Unidos (USGS) <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/index.php?region=Japan>
- [7] Servicio Sísmico Nacional de México <http://www2.ssn.unam.mx:8080/website/jsp/brigada.jsp>
- [8] Ministerio de Defensa Civil y Gestión de Emergencias de Nueva Zelanda <http://www.shakeout.govt.nz>