

Terremotos: un recurso educativo imprescindible

Earthquakes: an essential teaching resource

Algunos fenómenos geológicos ayudan, y mucho, a publicitar, a difundir, a suscitar interés por nuestra Ciencia. Nos comentaba nuestro compañero Juan Antonio López Martín, geólogo y profesor del I.E.S. Ramón Arcas de Lorca (Murcia), que después del terremoto del 11 de mayo sufrió un “acoso” por parte de alumnos, profesores de su instituto y de otros centros educativos de la ciudad, padres de alumnos y vecinos, que le demandaban información sobre los aspectos geológicos del terremoto, y sobre la Geología en general. Con su habitual sentido del humor, él contestaba a sus colegas de centro ¿Qué, ahora ya no soy el bicho raro que almacena rocas en el laboratorio?

Los terremotos han despertado, despiertan y despertarán un enorme interés en el ser humano. Por desgracia, ocurren con demasiada frecuencia. Los monográficos de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra se planifican con 2 o 3 años de antelación y éste, sobre terremotos, se planificó en la primera reunión del actual Consejo de Redacción, en el año 2008. Dos años más tarde se inició el trabajo, encargando la mayoría de artículos en otoño de 2010, meses antes de los recientes terremotos de Japón y Lorca, ocurridos en 2011. Cuando redactamos el primer índice de posibles artículos, en la nueva sección LA GEOLOGÍA ES NOTICIA, incluimos dos noticias sobre los terremotos de Haití y de Chile, de 2010, y dejamos un par de huecos reservados para “próximos terremotos” que, por desgracia, han sido ocupados por los terremotos de Japón y de Lorca.

Queremos transmitir con estas líneas que los docentes de Ciencias de la Tierra, de Geología, no podemos desaprovechar el gran interés que suscitan. Lógicamente no debemos limitarnos a su aspecto más “mediático”, más espectacular o singular. No podemos convertir la enseñanza de la Geología en un *show*, no pretendemos

convencer a nuestros colegas de que tenemos que ofrecer una Geología “espectáculo”, una Geología “catastrófica”, una Geología “mediática”. Sin embargo, los terremotos son un recurso muy atractivo con el que, a favor de corriente, se pueden abordar numerosos aspectos geológicos incluidos en el currículo. Hablar de terremotos es hablar de fallas, de Tectónica de Placas, de ondas sísmicas, de estructura interna de la Tierra, de geomorfología, de mineralogía, de petrología, entre otras muchas disciplinas. Por ejemplo, el terremoto de Wenchuan (China), que en 2008 causó 70.000 víctimas mortales, se produjo a 1000 km del límite de placas. Pero ¿los terremotos de gran magnitud no se producen exclusivamente en los límites de placas? ¿Qué falla existía en el interior de la placa euroasiática capaz de producir un terremoto de magnitud 7.9? Resolver estas preguntas implica conocer qué son los fenómenos de indentación y de tectónica de escape, entre otros aspectos geodinámicos.

Además, el estudio de los terremotos establece puentes con disciplinas como la Física, la Arqueología, la Historia, la Arquitectura o la Ingeniería, entre otras. El estudio y análisis de algún terremoto mediático puede hacerse, de forma transversal y coordinada, entre las asignaturas de Geología y Ciencias de la Tierra, y otras asignaturas de Enseñanza Secundaria. Esta aproximación multidisciplinar acerca la Geología al estudiante, la siente más próxima y pone de manifiesto que esta ciencia, cada vez más, es útil para la Sociedad.

En definitiva, todos estos motivos llevaron en 2008 al Consejo de Redacción de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, a incluir este monográfico en su programación futura de contenidos, y así poder ofrecer a sus lectores varios trabajos actualizados sobre uno de los temas “estrella” del currículo.

Seleccionar los contenidos de este monográfico no ha sido una tarea fácil. No quisimos que se convirtiese en un número con artículos exclusivos de actualización científica sobre sismicidad. Hemos querido compaginar este tipo de trabajos, que consideremos imprescindibles para los docentes, con otros sobre recursos educativos. Hemos pretendido que esta colección de trabajos aporte ideas a los docentes y los estimule para, a través de estos espectaculares fenómenos naturales, puedan acercar un poquito más la Geología al estudiante.

El número de páginas disponible de la revista, nos ha impedido incluir otros temas interesantes. Quedan asuntos pendientes como la predicción sísmica, la arqueosismología, los megaterremotos o el estudio de las fallas más activas del planeta, entre otros muchos.



Efectos del terremoto de Alhucemas (Marruecos), Mw=6.2, del 24 de febrero de 2004.

Por ejemplo, iniciativas como Shake Alert están investigando cómo avisar a los ciudadanos en sus teléfonos móviles antes de la llegada de los trenes de ondas sísmicas destructivas, basándose en las diferencias de velocidad entre los diferentes tipos de ondas sísmicas. En cualquier caso, aprovechamos esta presentación para recordar que la revista tiene sus puertas abiertas para abordar estos y otros temas en los próximos números.

El monográfico comienza, como es habitual, con la sección **Tema del Día** que, como no podía ser de otra forma, se dedica al terremoto ocurrido en Lorca que también es protagonista de la portada. Se trata de un artículo con un contenido singular que recoge la opinión de varios expertos y de los propios ciudadanos lorquinos, y unas reflexiones sobre las principales lecciones aprendidas de este sismo.

El siguiente bloque, incluye tres artículos sobre **Fundamentos Conceptuales y Didácticos**, dedicados al análisis de la intensidad, la magnitud y los efectos geotécnicos. Albert Macau y Sara Figueras, del Institut Geològic de Catalunya, dedican un artículo a analizar la intensidad sísmica, a definir qué es, cómo se mide o cómo varía espacialmente. La magnitud, con sus principales escalas, es abordada por José A. Peláez, de la Universidad de Jaén. Los terremotos, además de la deformación en el terreno en la zona de falla, producen algunos efectos indirectos por la sacudida sísmica. José Delgado, de la Universidad de Alicante, se centra en dos de los principales efectos “geotécnicos” de los terremotos, como la licuefacción y los movimientos de ladera.

El tercer bloque se dedica a **Terremotos en la Península Ibérica**. No sólo se analizan los terremotos más recientes registrados instrumentalmente sino también los históricos y los pre-históricos (paleoterremotos), identificados en el registro geológico. También se incluye un artículo sobre las principales fallas activas de la Península Ibérica responsables de esta actividad sísmica. Emilio Carreño, director del Instituto Geográfico Nacional, analiza la actividad sísmica instrumental registrada en la Península Ibérica desde el año 1985. José Manuel Martínez Solares, también del Instituto Geográfico Nacional, describe los principales terremotos históricos que han ocurrido en la Península. En una revista como la nuestra no podía faltar la parte “geológica” del registro sísmico. Eulàlia Masana, Miguel Ángel Rodríguez Pascua y José J. Martínez Díaz, organizadores de la reunión de expertos IBERFAULT, celebrada en octubre de 2010, nos acercan a esta disciplina desconocida para la gran mayoría de docentes de Enseñanza pre-universitaria, pero que ha irrumpido con gran fuerza en nuestro país. Finalmente, este bloque dedicado a la actividad sísmica en la Península Ibérica incluye un artículo que intenta explicar, de forma sencilla, porqué se produce esta sismicidad, cuáles son las fallas activas responsables de los principales terremotos históricos e instrumentales o con qué tasa de deslizamiento se mueven. Los responsables de los principales equipos de investigación del país en Tectónica Activa y Paleosismicidad, pioneros de esta disciplina en cada uno de los dominios geológicos de la Península (Ramón Capote, Antonio Estévez, Pere Santanach, Carlos Sanz de Galdeano y José Luis Simón) han dado respuesta, en apenas diez páginas, a estas preguntas. Se



Panorámica de la Falla de San Andrés (California), en el sector de Carrizo.

trata de una aproximación muy general dirigida a no especialistas, donde se proporcionan algunas referencias en las que encontrar información más detallada.

El monográfico contiene un último bloque de **Experiencias e Ideas para el Aula**. Marta González, Pedro Alfaro y David Brusi, ofrecen una “receta” para trabajar en el aula con los terremotos mediáticos, aportando ideas y recursos educativos, muchos de ellos en internet. Jordi Díaz, del Institut Jaume Almera (CSIC), describe una actividad basada en la instalación durante varias semanas de un sismómetro en un centro educativo, con el propósito de acercar la Sismología a los estudiantes. El grupo Beagle (Ángel Luis Cortés Gracia, José Miguel Calvo Hernández, Begoña Martínez Peña y María José Gil Quílez) de la Universidad de Zaragoza presenta las posibilidades didácticas que ofrece la herramienta web OIKOS, para aprender sobre terremotos. Marta González, del Institut Geològic de Catalunya describe dos páginas webs, Webismo y ¡Alto a los desastres! donde se realizan simulaciones de terremotos, que ayudan a conocer cómo se gestiona el riesgo sísmico.

Además de esta docena de artículos, el monográfico incluye el bloque **LA GEOLOGÍA ES NOTICIA**. Por desgracia, no han faltado noticias para completar esta sección sino más bien todo lo contrario ya que incluso hemos tenido que dejar algunos terremotos “fuera”. José J. Martínez-Díaz de la Universidad Complutense de Madrid describe el contexto geodinámico y los principales efectos del terremoto de Lorca de mayo de 2011. José Morales, del Instituto Andaluz de Geofísica, nos ayuda a conocer mejor las características del terremoto de Tohoku-Oki (Japón) de marzo de 2011, así como del tsunami. Varios miembros del equipo de Tectonofísica aplicada de la Universidad Complutense de Madrid (José Luis Granja, Andrés Carbó, Pedro Pablo Hernaiz, Pilar Llanes, Alfonso Muñoz y Antonio Olaiz) nos plantean la incertidumbre que existe actualmente sobre la falla que causó el terremoto de Haití



Efectos del terremoto de Alhucemas (Marruecos), Mw=6.2, del 24 de febrero de 2004.

de 2010. Finalmente, José A. Álvarez, del Instituto de Hidráulica Ambiental de la Universidad de Cantabria y de la Universidad Complutense de Madrid nos describe los dos grandes tsunamis que han ocurrido recientemente en el planeta, en Chile (2010) y en Japón (2011).

También, al final del monográfico hemos incluido la sección **Enseñanza de las Ciencias de la Tierra** ha publicado ... que contiene una relación de artículos publicados previamente en nuestra revista que están relacionados, en mayor o menor medida, con el tema de terremotos. Todos los pdf de estos trabajos están disponibles en <http://www.aepect.org/larevista.htm> o en <http://www.raco.cat/index.php/ECT>.

En definitiva, esperamos y deseamos que este monográfico contribuya a mejorar la cultura científica que nuestra Sociedad posee sobre estos extraordinarios fenómenos naturales. Desafortunadamente, tal y como se ha podido comprobar en el reciente terremoto de Lorca, todavía queda mucho camino por recorrer. Este terremoto ha aportado infinidad de jugosas anécdotas. Por ejemplo, muchos ciudadanos lorquinos están convencidos de que los servicios de protección civil, después del terremoto precursor de magnitud 4.5 que ocurrió a las 17:05 h (casi dos horas antes del principal) se habían paseado por la ciudad informando que dos horas más tarde ocurriría uno más grande. En definitiva, que iProtección Civil sabía que el principal ocurriría algo más tarde! Ese rumor se propagó casi más rápido que las ondas sísmicas. Otra situación curiosa ocurrió el día siguiente al terremoto, cuando uno de los que firmamos esta presentación recibimos una llamada telefónica de un buen amigo abogado que trabaja en Lorca, muy preocupado por el rumor que circulaba por la ciudad. Mientras hablábamos por teléfono, escuché gritos de su esposa aterrorizada “José Luis, rápido, sal de la casa, el alcalde ha dicho que en cinco minutos va a ocurrir un terremoto más grande”.

Y es que el desconocimiento sobre estos fenómenos es un perfecto caldo de cultivo para que se difundan grandes barbaridades que, gracias a Internet, lo hacen a una velocidad vertiginosa. ¿A quién no le han preguntado, después de los terremotos de Sumatra, China, Haití, Chile, Japón y Lorca, qué es lo que está sucediendo en el planeta? ¿El cambio climático es el responsable de esta “inusual” actividad sísmica? O algunas “perlas” de Jefes de Estado como Chávez que acusaban a los americanos de haber provocado el terremoto de Haití. Más serio es el asunto del juicio a los sismólogos italianos que no fueron capaces de predecir el terremoto de l'Aquila en el año 2009. Recomendamos leer la noticia escrita en nuestra revista por Daniela Pantosti (número 18.3, pp. 333-335).



Cartel indicando la presencia de una falla en la ciudad de Morelia (Michoacán, México). Cortesía de J.L. Giner Robles.

Estamos convencidos de que la educación es crucial, y puede salvar muchas vidas en el futuro, puede salvar muchas vidas en el próximo gran terremoto que ocurra en nuestro país. Tal y como se apunta en varios trabajos del monográfico, vivimos en un país con una actividad sísmica moderada a baja. Terremotos como el ocurrido en Japón o Chile el pasado año, nunca ocurrirán en nuestro país, pero sí lo harán terremotos de magnitud moderada, que liberarán mucha más energía que la del reciente terremoto de Lorca, tal y como tenemos constancia en el registro histórico y geológico.

Nuestros estudiantes de hoy serán los políticos, arquitectos e ingenieros del mañana. Ellos serán los que construirán nuestras ciudades, nuestras infraestructuras, y en sus manos está el reducir drásticamente nuestra vulnerabilidad frente a los terremotos. La ciencia y la tecnología han avanzado mucho en las últimas décadas y, por fortuna, el ser humano dispone de los conocimientos científicos suficientes y de la tecnología necesaria para evitar que terremotos como los que pueden ocurrir en nuestro país causen una catástrofe. El número de víctimas puede reducirse drásticamente. Esperemos que las lecciones que se han aprendido del terremoto de Lorca sirvan para salvar muchas vidas en el futuro.

Para ello disponemos de una herramienta muy poderosa, la educación.

Deberíamos mirarnos en el espejo de Nueva Zelanda, Chile o Estados Unidos. Incluso en el de Japón, a pesar del desgraciado tsunami de 2011. El ser humano no puede permitirse que vuelvan a sucederse desgracias como las de Haití, Turquía o China donde los muertos se cuentan por decenas de miles.

No queremos finalizar estas líneas sin mostrar nuestro agradecimiento a todos los autores de los artículos. No tuvimos que gastar nada de energía para convencerles, y todos aceptaron gustosamente. Eso sí, los artículos han viajado como las ondas sísmicas, a muy diferentes velocidades. Además, los autores se han volcado en sus artículos tratando de transmitir, de forma entusiasta y amena, sus diferentes temas de investigación. ¡MUCHAS GRACIAS!

Y por último queremos desearles a los lectores que disfruten de la lectura de este monográfico tanto como nosotros lo hemos hecho con el trabajo de coordinación. Los autores nos han facilitado mucho la tarea. Esperamos y deseamos que pase mucho tiempo hasta que los docentes tengamos que aplicar algunas de las propuestas educativas que recoge este monográfico, aunque nos tememos que nuevos terremotos harán olvidar muy pronto a los que aquí se han utilizado de ejemplo. Las placas tectónicas no paran de moverse, lo hacen a velocidades de entre unos milímetros y unas pocas decenas de centímetros, de forma continua, ininterrumpida, y los terremotos son una de sus manifestaciones principales.

Marta González¹ y Pedro Alfaro²
Coordinadores del monográfico

¹ Unitat de Riscos Geològics. Institut Geològic de Catalunya. Balmes, 209-211. 08006 Barcelona. mgonzalez@igc.cat

² Departamento de Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente. Facultad de Ciencias, Universidad de Alicante. pedro.alfaro@ua.es