

Los volcanes en la red (www): la enciclopedia del siglo XXI

Volcanoes on the web (www): The encyclopedia of the XXI century

MERTIXELL AULINAS JUNCÀ¹, ALEJANDRO RODRIGUEZ-GONZALEZ² Y LLORENÇ PLANAGUMÀ GUÀRDIA³

¹ Dpt. Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Universitat de Barcelona, Martí Franquès s/n, 08028 Barcelona. E-mail: merixellaulinas@ub.edu

² Dpto. Física (GEOVOL), Universidad de las Palmas de Gran Canaria, Campus Universitario de Tarifa, 35017 Las Palmas de Gran Canaria. E-mail: alejandro.rodriguezgonzalez@ulpgc.es

³ Tosca Serveis d'educació ambiental, Casal dels Volcans, Av. de Santa Coloma, 47, 17800 Olot, Girona. E-mail: lloren@tosca.cat

Resumen No toda la información encontrada en Internet resulta ser fiable y válida, de modo que es necesaria una evaluación crítica sobre los distintos materiales antes de escoger los más apropiados. En este artículo se presentan y analizan distintos recursos educativos de internet relacionados con el fenómeno del volcanismo y peligros asociados. Todos ellos pueden ser de gran utilidad para docentes, divulgadores científicos y alumnos tanto para mejorar su formación en estos temas, como para complementar su propio material docente o de divulgación.

Palabras clave: Internet, peligro volcánico, recursos educativos, volcanes, web 2.0.

Abstract *As not all the obtained information on Internet is valid and reliable, it is necessary to assess the educational materials critically in order to choose the most appropriate. In this article several educational resources of internet related to volcanism and associated hazards are presented and analysed. All of them are potential resources for teachers, scientific proponents and students who want to improve their knowledge in this topic, and to complement their teaching or dissemination materials.*

Keywords: *Internet, volcanic hazard, educational resources, volcanoes, web 2.0.*

INTRODUCCIÓN

La productora estadounidense Pixar ha estrenado recientemente (junio 2015) un cortometraje musical titulado “Lava” destinado principalmente a un público infantil. El cortometraje, inspirado en los volcanes oceánicos, narra la historia de amor que ocurrió durante millones de años entre dos volcanes, Uku y Lele. A pesar de su sencillez, este cortometraje puede ser de gran utilidad didáctica para introducir la formación y evolución de islas volcánicas en contexto de intraplaca, como pueden ser Hawaii o las Canarias.

No es la primera vez que la industria cinematográfica presenta una película en la que los volcanes y sus peligros asociados son protagonistas, aunque sí el tipo de público a la que va destinado. Desde una de las primeras adaptaciones cinematográficas de la novela *Los últimos días de Pompeya*

(1935) se han sucedido un séquito de películas sobre esta temática incluyendo *Krakatoa, Al este de Java* (1969), *La isla del fin del mundo* (1974), *Volcano* (1997), *Un pueblo llamado Dante's Peak* (1997), *Pompeya: el último día* (2003), *Supervolcano* (2005, docudrama) o *Súper Erupción* (2011) entre otras. El rigor científico de este tipo de producciones y su utilidad didáctica se analizan en profundidad en Alfaro *et al.* (2008), Brusi (2008) y Brusi *et al.* (2011). Para realizar el análisis crítico del enfoque científico que se da en estas producciones de gran formato, Brusi (2008) propone una serie de preguntas clave. Cuestiones como “¿Son correctas las teorías e interpretaciones científicas de los procesos?” o “¿Quedan claros los procesos que han desencadenado el fenómeno catastrófico?” o “¿Se han exagerado los efectos de la catástrofe?” permiten al docente, divulgador científico o al mismo alumno explorar el rigor científico del

film visualizado. Además, la red dispone de análisis científicos realizados por expertos de muchas de estas producciones así como actividades didácticas diseñadas a partir de la visualización de alguna de las películas. Para profundizar más en el tema sobre entretenimiento y cultura científica en el caso de la industria cinematográfica, se remite al lector a los artículos de Alfaro *et al.* (2008), Brusi (2008) y Brusi *et al.* (2011) y sus referencias.

Además de las producciones audiovisuales de gran formato, en los portales de vídeo de internet como son *youtube*, *vimeo* o *daily motion*, hay disponibles una gran cantidad de películas, la mayoría de corta duración, sobre diferentes aspectos relacionados con el fenómeno volcánico. Estos audiovisuales, cada vez más numerosos por la proliferación de las cámaras de vídeo y a la web 2.0, son un magnífico complemento para que el alumnado comprenda (visualice) los conceptos relacionados con el vulcanismo y peligros volcánicos.

Muchas de estas visualizaciones se pueden complementar con la realización de modelos analógicos de un fenómeno volcánico en particular. Tal y como apuntan Ramon-Sala y Brusi (2015) en este mismo volumen, los modelos analógicos facilitan un abordaje mucho más completo en entornos educativos ya que con ellos se logra ir más allá del aprendizaje de conceptos aislados. Pero para una buena comprensión del fenómeno geológico a partir del modelo analógico es necesario que todos los aspectos prácticos reproduzcan lo más fielmente posible la realidad. Para ello es necesario que, previamente a su realización, el docente o divulgador científico analice cautelosamente el modelo que se va a llevar a cabo. Según evidencian Ramon-Sala y Brusi (2015) algunos de los modelos analógicos más utilizados para explicar fenómenos volcánicos (y, en consecuencia, más presentes en la red) muestran importantes limitaciones. Estos autores analizan las carencias de éstos y proponen una serie de modelos que reproducen la realidad geológica tanto a nivel a nivel espacial y temporal, como en los materiales utilizados. En la red, instituciones como la Smithsonian (ver más adelante) proponen la realización de algunos modelos analógicos para reproducir conceptos vulcanológicos, como la viscosidad de los magmas y tipos de volcanes (<http://www.ssec.si.edu/Media/SSEC/Science-How/Volcano1.pdf>) o vulcanismo en otros planetas (<http://www.ssec.si.edu/Media/SSEC/Science-How/Volcano2.pdf>).

Desde edades bien tempranas (ciclo infantil) el alumnado muestra una gran curiosidad por todo lo que rodea a los volcanes y se muestran entusiastas en aprender nombres de volcanes, tipos de erupciones, características de las rocas volcánicas, etc. Este interés puede en gran parte atribuirse a la información casi al minuto que obtienen por parte de los medios de comunicación (principalmente televisión, redes sociales, cine e internet). Cuando en internet, por ejemplo en un buscador como Google, introducimos “*Peligro Volcánico*” aparecen más de medio millón de entradas, y si directamente introducimos “*Vulcanismo*”, las entradas superan las cuatrocientas mil. Esta cantidad de información puede repre-

sentar algunas veces un hándicap, tanto para alumnos, como para docentes, como para divulgadores científicos. Uno se puede pasar horas buscando y saltando de web en web sin saber qué recursos son los más adecuados para la búsqueda en cuestión.

El monográfico “Los Volcanes” de Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, número 7.3, incluyó ya un artículo sobre volcanes en la red (Pujadas, 1999). En este artículo no se pretende proporcionar al lector un elenco de páginas web donde encontrar información general sobre vulcanismo y peligros volcánicos, sino ofrecer una serie de recursos didácticos disponibles en la red (sin incluir las redes sociales como *twitter* o *facebook*) que puedan ser de gran utilidad a los docentes y divulgadores científicos como complemento para su formación en estos temas, así como para preparar su propio material docente o de divulgación. En este sentido, el artículo está estructurado en apartados que plantean distintos argumentos ampliamente tratados en este monográfico. Para cada uno de estos argumentos, se realiza un breve comentario inicial y posteriormente se presentan algunos recursos que, a juicio de los autores, son óptimos para abordar el tema en cuestión. Siendo conscientes que con el paso del tiempo muchos enlaces dejan de funcionar, en la medida de lo posible se ha intentado recopilar únicamente aquellos recursos que dependen o se relacionan con instituciones que por su notoriedad avalan que éstos estarán disponibles en la red indefinidamente o durante un largo período de tiempo.

Para todos aquellos que trabajamos en las distintas disciplinas que rodean el vulcanismo y los peligros asociados, existen una serie de instituciones de referencia que se exponen a continuación (así como los enlaces a sus páginas web).

Smithsonian Institution

(<https://www.si.edu>)

El Instituto Smithsonian es una institución educativa e investigadora gestionada y financiada por el gobierno de los Estados Unidos. Está formada por un complejo de museos distribuidos entre Washington (la mayoría de ellos), Nueva York, Chantilly y Leesburg, así como centros de investigación. De todos ellos, en este artículo destacamos el *Natural Museum of Natural History* en Washington DC. En su página web (<https://www.mnh.si.edu>), el usuario puede explorar distintos temas relacionados con el museo, entre los cuales destacamos La Tierra en Evolución (*The Evolving Earth*). Dentro de este tema existen diversos recursos educativos muy interesantes y que se exploran por separado en los distintos apartados de este artículo.

United States Geological Survey (USGS)

(<https://volcanoes.usgs.gov>)

Desde 2010, la estructura del USGS se organiza en seis objetivos, siendo uno de ellos el *Volcano Hazards Program*. Su función es la del monitorear volcanes activos, determinar sus peligros, y dedicar su investigación a entender todo lo que

rodea a los volcanes. Además, son los primeros en actuar en caso de crisis volcánica junto con las autoridades competentes. En este sentido, cuentan con el *Volcano Disaster Assistance Program* (<http://volcano.es.usgs.gov/vdap/>) que tiene por objetivos reducir la pérdida de vidas y bienes materiales en caso de crisis volcánica, limitar el impacto económico, y evitar que una crisis volcánica se transforme en desastre. En su página web, aparte de poder consultar la situación actual de los volcanes estadounidenses, dispone de una sección en la que se engloban distintos materiales publicados por esta entidad incluyendo imágenes, fichas descriptivas, mapas, evaluación de peligros, y artículos científicos. Destacar los recursos para educadores que ofrece la web en la que se encuentran actividades docentes, posters educacionales, películas y videoclips online o versiones online de panfletos y libros, entre otros (Fig. 1).

Volcano World

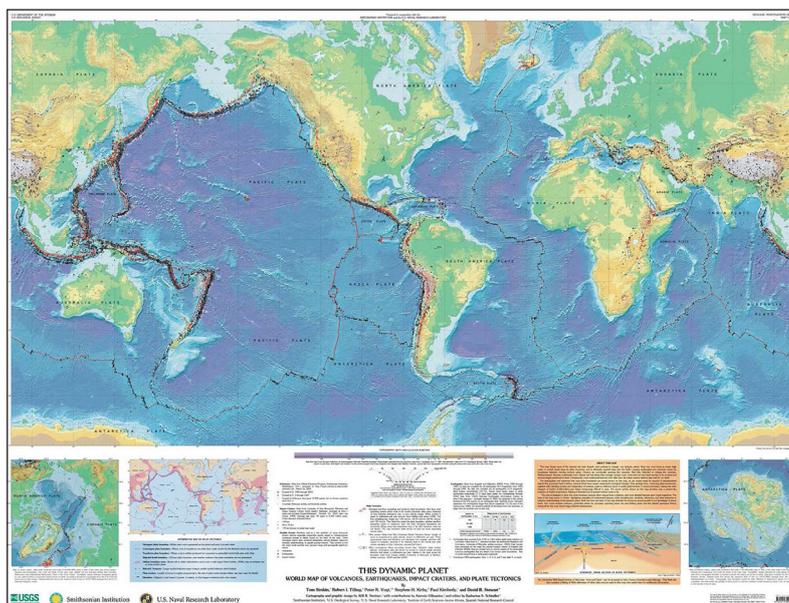
(<https://volcano.oregonstate.edu>)

La página Volcano World, operativa desde 1995, es un proyecto de educación superior (k-12 en el sistema educativo de Estados Unidos) y divulgación del *Oregon Space Grant Consortium* (financiado por la NASA) y administrado a través del Departamento de Geociencias de la *Oregon State University*. En las distintas secciones de la web, el usuario encontrará una gran cantidad de información sobre conceptos vulcanológicos como por ejemplo las lecciones sobre placas tectónicas, terremotos y volcanes, erupciones, y rocas y minerales (ver *Earth Science Lessons*). La sección llamada “volcanoes” incluye un listado con más de 400 volcanes de nuestro planeta. Para cada uno de ellos se incluyen datos básicos (coordenadas, país y tipo de volcán) y una explicación sobre sus principales características e historia eruptiva. Para aquellos que quieran ir un paso más allá, se recomienda la sección *Learn More*, en la que se exponen contenidos sobre vulcanismo submarino, gases volcánicos, hidrovulcanismo y domos de lava, entre muchos otros. Además, se incluye un apartado sobre recursos didácticos que se encuentran en la web (principalmente recursos del USGS, Smithsonian y PBS-NOVA).

International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI)

(<https://www.iavcei.org>)

El IAVCEI es una asociación internacional que focaliza sus actividades en la investigación en vulcanología, la mitigación de los desastres volcánicos, y la investigación en disciplinas estrechamente relacionadas tales como geoquímica y petrología, geocronología, depósitos minerales y física y génesis de los magmas. En su página web se puede encontrar una galería de fotos (en IAVCEI Photo Gallery), así como links de interés (Volcano links) que muestran información de gran variedad, desde organismos oficiales hasta los relacionados con la educación.



World Organization of Volcano Observatories (WOVO)

(<http://www.wovo.org/>)

La WOVO es una organización que forma parte de la IAVCEI y que engloba los observatorios vulcanológicos de todo el planeta. Los miembros que forman parte de la WOVO son instituciones que se dedican a la vigilancia volcánica y, en la mayoría de casos, son responsables de alertar a las autoridades y al público sobre peligros volcánicos. En su página web figura un directorio de unos ochenta observatorios volcánicos repartidos por todo el mundo. Para cada uno de los observatorios del listado se facilitan los datos generales de la institución (incluyendo enlace a su página web) así como las principales redes de monitoreo disponibles. Además del directorio de observatorios, la web dispone de una amplia base de datos sobre sismicidad volcánica, deformación del suelo y emisión de gases, entre otros (<http://www.wovodat.org/>). Otro recurso interesante de esta página web es el sistema universal de codificación de los niveles de alerta volcánico para la aviación. Los cuatro códigos de colores han sido desarrollados por el *International Airways Volcano Watch* (<http://www.icao.int/safety/meteorology/IAVWOPSG/Pages/default.aspx>) que depende del *International Civil Aviation Organization* de las Naciones Unidas.

Instituto Geográfico Nacional (IGN)

(<http://www.ign.es/ign/layout/actividadesVolcanologia.do>)

Una de las funciones y competencias encomendadas a la Dirección General del IGN es la planificación y gestión de los sistemas de vigilancia y comunicación de la actividad volcánica en el territorio nacional y determinación de los riesgos asociados. Además de presentar varios materiales de interés, quizás más enfocado al mundo científico y profesional, tiene una sección de actividades que presenta

Fig. 1. Uno de los productos que ofrece la página web del USGS es el Mapamundi “This Dynamic Planet” en el que se reflejan todos los fenómenos que han modelado (y continúan haciéndolo) nuestro planeta dinámico. Se incluyen volcanes, terremotos, cráteres de impacto y tectónica de placas.



Fig. 2. Captura de pantalla de la página web del IGN en la que dedican una sección a la volcanología.

definiciones de varias temáticas, incluida la relacionada al volcanismo (Fig. 2).

DEL MAGMA A LA ROCA

¿Qué es el magma? ¿Cómo y dónde se genera? ¿Cuáles son sus propiedades físicas y químicas? ¿Qué relación existe entre el volcanismo y la tectónica de placas? ¿Cómo se forman las rocas volcánicas y qué características texturales y mineralógicas presentan? Todas estas cuestiones se han abordado ampliamente en este monográfico (ver por ejemplo López-Ruiz y Cebriá, 2015; Perez-Torrado y Rodríguez-Gonzalez, 2015; Lago *et al.*, 2015a). Con el fin de complementar, sintetizar o ampliar los conceptos sobre magmatismo desarrollados en este monográfico, en este apartado se reportan algunas herramientas didácticas que pueden ser de gran utilidad.

http://ansatte.uit.no/webgeology/webgeology_files/english/magmatism.html

Sin duda la página conocida como *web geology* realizada por la Universidad de Tromsø (Noruega) es un recurso didáctico imprescindible tanto para docentes como alumnos. Esta web interactiva consiste en una serie de animaciones flash sobre varios temas relacionados con la geología, entre los cuales se encuentran el magmatismo y rocas magmáticas, y los volcanes y volcanismo. En la primera de estas dos series, se explica el concepto de magma, tipos de rocas magmáticas, cristalización magmática, relación entre enfriamiento del magma y texturas de las rocas, composiciones químicas de los magmas, formación y diferenciación de los magmas. Las animaciones sobre volcanes y volcanismo tratan la relación entre las propiedades físicas y químicas de los magmas y el tipo de erupción volcánica, los productos volcánicos, la contextualización de los magmas y volcanes en la tectónica de placas, las morfologías volcánicas y, finalmente, los peligros volcánicos. Estas dos series de animaciones están disponibles en varios idiomas como inglés, español, catalán y euskera.

https://www.mnh.si.edu/earth/main_frames.html

Uno de los recursos educativos que se encuentran en la web del Museo Nacional de Historia Na-

tural del Smithsonian, lleva por título “*The Dynamic Earth*”. Este recurso multimedia (también se puede consultar la versión imprimible) se divide en cuatro grandes temas, uno de los cuales engloba tectónica de placas y volcanismo. La información incluida sobre estos temas es completísima y es tratada de forma exquisita con un gran contenido gráfico que complementa el texto explicativo. Hay apartados interactivos en los cuales el usuario es el protagonista. Como ejemplo, destacar la actividad “*Construye un Volcán*” (*Build a Volcano*) en la que el usuario juega con tres factores (viscosidad del magma, contenido en volátiles y volumen de magma emitido) para construir distintos tipos de edificios volcánicos. Así, un magma con alta viscosidad y alto contenido en volátiles combinado con un alto volumen emitido pueden dar lugar a la formación de una caldera volcánica. Finalmente, se puede destacar de este recurso la Geo-Galería, en la que se encuentran imágenes de 219 volcanes que se pueden consultar por nombre, tipo y localización geográfica.

<http://www.ub.edu/ubtv/video/la-formacion-de-las-rocas-igneas>

Se trata de un audiovisual editado por la Universidad de Barcelona y realizado por profesoras del Departamento de Geoquímica, Petrología y Prospección Geológica (Alfás *et al.*, 2011a). Este recurso didáctico está pensado para alumnado de bachillerato y de 1º de Grado de enseñanzas afines a la geología. El vídeo, de 12 minutos de duración, responde de forma clara y simple a cuestiones como que es una roca ígnea, cómo se forma un magma, en qué áreas de la Tierra se forman los magmas, qué mecanismos intervienen durante su ascenso, dónde se enfrían los magmas y cómo se forman las rocas ígneas (Fig. 3).

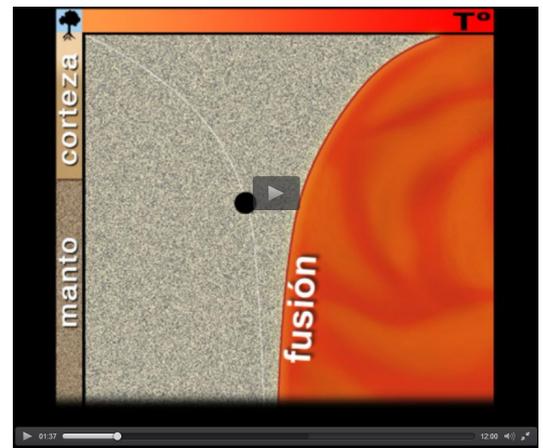


Fig. 3. Frame del audiovisual “La formación de las rocas ígneas” en el que se resuelven cuestiones como ¿qué es el magma? ¿cómo y dónde se forma? o ¿qué mecanismos actúan durante su ascenso?

<https://petroigne.wordpress.com/>

Se trata de un atlas de rocas ígneas realizado por el Grupo de Petrología Ígnea, del Departamento de Petrología y Geoquímica de la Universidad Com-

plutense de Madrid. En este atlas se incide en el reconocimiento de las texturas de las rocas ígneas, su composición mineral, sus características texturales y estructurales así como sus formas de yacimiento. Todos los contenidos de esta web son muy completos y se complementan con imágenes de afloramientos, de muestras de mano y de microscopio de muy buena calidad. Se trata de una herramienta muy interesante para los docentes tanto universitarios como de secundaria, y para estudiantes de grado de geología y enseñanzas afines (como Ingeniería Geológica).

<http://www.ub.edu/clasfroc/ca> (en catalán)

Página web realizada por el Grupo de Innovación Docente Consolidado GRIMS (*Geoquímica i Roques Ígnies, Sedimentàries i Metamòrfiques*) de la Universidad de Barcelona. Se trata de una herramienta docente de fácil uso, en la que se presentan las clasificaciones básicas de las rocas más comunes organizadas jerárquicamente, desde los tres grandes grupos de rocas (ígneas, sedimentarias y metamórficas) a clasificaciones más específicas dentro de cada grupo (Alfás *et al.*, 2011b). Así, en el caso de rocas ígneas se presentan las clasificaciones básicas basadas en el lugar de enfriamiento de los magmas, en el emplazamiento, en las texturas de las rocas, en el contenido en SiO₂ y en el índice de color. Por lo que se refiere a clasificaciones específicas se incluyen, entre otras, la clasificación de Streckeisen para rocas plutónicas y volcánicas, clasificación química de las rocas volcánicas y la clasificación de las rocas piroclásticas (ver figura 3).

<https://georoc.mpch-mainz.gwdg.de/georoc>

La base de datos geoquímicos GEOROC (Geochemistry of the rocks of Oceans and Continents), citada en el artículo de Lago *et al.* (2015a), en este mismo monográfico, que depende del *Max Planck Institute for Chemistry* en Mainz (Alemania), es una compilación de análisis publicados de rocas volcánicas y xenolitos mantélicos. Contienen elementos mayoritarios, trazas, isótopos radiogénicos y estables, y edades absolutas. Actualmente la web contiene casi un millón y medio de análisis de más de cuatrocientas mil muestras. La búsqueda de datos se puede llevar a cabo siguiendo distintas entradas que incluyen bibliografía, contexto geológico, localización geográfica, química o petrografía.

<http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/750/984/html/index.html>

Página que contiene información sobre el magmatismo. Un primer bloque habla sobre el magma y su composición (clasificación y tipos, evolución y cristalización de los magmas), la textura de las rocas magmáticas, tipos de rocas magmáticas y estructuras magmáticas. Un segundo bloque trata de volcanes (tipos de erupciones, tipos de edificios o estructuras volcánicas y tipos de materiales expulsados), pero éste se tratará detalladamente en el apartado 3. En cada apartado del primer bloque presenta figuras que ilustran los diversos aspectos, como también videos y animaciones de apoyo a las explicaciones mostradas en la página. Además, presenta ejercicios de autoevaluación.

<http://cienciasnaturales.es/ANIMACIONESGEOLOGIA.swf>

Página que contiene animaciones de diferentes temáticas. Para este apartado se quiere destacar el referente a Mineralogía y Petrología, que hace mención al tipo de rocas y clasificación de las mismas.

<http://recursostic.educacion.es/ciencias/biosfera/web/profesor/1bachillerato/1.htm>

Esta página tiene como objetivo el desarrollo de unidades didácticas multimedia interactivas para las materias de Biología y Geología en la Enseñanza Secundaria Obligatoria y en el Bachillerato. Incorpora, además, una serie de herramientas y recursos que estarán disponibles en Internet para quienes deseen utilizarlos.

TIPOS DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS: PRODUCTOS, GEOFORMAS Y EFECTOS

Las erupciones volcánicas, dado el gran número de parámetros que intervienen en ellas, resultan muy difíciles de definir y clasificar. Un volcán puede presentar una erupción con mecanismos muy diferentes a los anteriores e incluso presentar variaciones drásticas durante la propia erupción. A pesar de ello, el único agente desencadenante de la erupción es el propio magma, el cual dependiendo de sus propiedades físico-químicas permitirá que sean más o menos explosivas (e.g., Perez-Torrado y Rodriguez-Gonzalez, 2015, en este mismo volumen). Los productos de la actividad volcánica se dividen en gaseosos, lávicos y piroclásticos, siendo los dos últimos los verdaderamente importantes (ver Carracedo y Perez-Torrado, 2015a; Perez-Torrado y Fernandez-Turiel, 2015, en este mismo volumen). También, otros que no necesariamente van ligados a un evento eruptivo son coladas de barro y escombros (conocidos como lahares), y depósitos de avalanchas (e.g., Carracedo, 2015, en este mismo volumen). De forma simplificada se pueden diferenciar los procesos que generan relieves constructivos (edificios volcánicos), de aquellos otros que generan relieves negativos (depresiones volcánicas). Por otro lado, en los edificios volcánicos hay que diferenciar aquellos generados en el transcurso de un solo episodio volcánico (monogénicos) de los formados a lo largo de diferentes episodios volcánicos y, por tanto, de vida geológica mucho mayor (poligénicos) (e.g., Rodriguez-Gonzalez y Fernandez-Turiel, 2015, en este mismo volumen). Los enlaces que se presentan a continuación contemplan estos aspectos que se han expuesto aquí a modo de recordatorio y que aparecen desarrollados en los diferentes capítulos incluidos en este número.

<http://www.rsn.ucr.ac.cr/index.php/home/faq/vulcanologias/2519-tipos-de-erupciones-volcanicas>

Este enlace de la Universidad de Costa Rica hace un breve repaso de los temas más importantes relacionados con varios capítulos presentados en este número: tipos de erupciones que existen y productos que generan, ambientes geológicos donde se origina volcanismo, cómo se mide una erupción, etc.

http://e-educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/750/984/html/5_volcanes.html

Como se comentó en el apartado anterior, este enlace se presenta en dos bloques principales, uno primero habla sobre el magma y tipos de rocas, y un segundo bloque de volcanes, presentando con ilustraciones y videos los tipos de erupciones, formas de los edificios volcánicos y los tipos de productos expulsados por un volcán.

http://volcano.si.edu/learn_galleries.cfm?p=2

Este enlace de la Smithsonian presenta una galería de fotografías y breves explicaciones de los principales tipos de formas volcánicas como de los procesos generados por una erupción volcánica y, por tanto, los efectos que puede generar en el paisaje.

Simulaciones de erupciones volcánicas

En la red, existen simuladores de fenómenos geológicos como pueden ser terremotos, tornados, huracanes o erupciones volcánicas. En la simulación volcánica, los distintos tipos de erupciones se obtienen modificando el contenido en sílice, el contenido en volátiles o la viscosidad del magma (ver Perez-Torrado y Rodríguez-Gonzalez, 2015, en este mismo volumen). Una selección de estos simuladores se expone a continuación

<http://environment.nationalgeographic.com/environment/natural-disasters/forces-of-nature.html?section=t>

El National Geographic ha desarrollado una herramienta didáctica sobre las Fuerzas de la Naturaleza (*Forces of Nature*) en la que permite al alumnado aprender sobre los fenómenos naturales (terremotos, volcanes, huracanes y tornados) de forma interactiva. En el caso de los volcanes, se responden a cuestiones como qué es un volcán, dónde ocurren los volcanes, cómo se forman o qué tipos de volcanes y de erupciones existen. Además, en el apartado de simulación volcánica, modificando el contenido en sílice y en gases disueltos se puede crear un volcán, o introduciendo el tipo de volcán se puede simular una erupción. Finalmente, se pueden destacar los “*case studies*” en los que se tratan volcanes como el Kilauea, Krakatoa, Etna, St. Helens, Soufrière Hills y Vesubio.

<http://www.alaskamuseum.org/education/volcano>

El simulador volcánico del Museo de Ciencias y de la Naturaleza de Alaska permite de forma progresiva modificar el contenido en sílice. A medida que aumenta el SiO₂ (hasta un máximo de 75 wt %), se observa cómo va cambiando el tipo de volcán (volcán en escudo, cono de escorias, estratovolcán, domo y caldera), el tipo de erupción (hawaiana, estromboliana, vulcaniana, peleana, pliniana), y el tipo de roca volcánica (basalto, andesita, dacita, riolita). En la parte inferior de la pantalla también se pueden controlar las principales variables que intervienen en la formación de los volcanes, como son la temperatura, la viscosidad del magma y la presión.

<http://news.discovery.com/games/volcano-explorer.htm>

En esta herramienta multimedia de la *Discovery Communications*, los usuarios tienen la opción de acceder a un resumen (siempre de forma interactiva) sobre volcanismo y placas tectónicas, tipos de volcanes (cono de escorias, estratovolcán y volcán en escudo) y partes de un volcán. Pero la parte más interesante de este producto, es la simulación de erupciones volcánicas. Modificando el contenido en gases y la viscosidad obtendremos un tipo de volcán en particular. Así por ejemplo, una baja viscosidad y bajo contenido en volátiles da lugar a la formación de volcanes en escudo. Una vez visualizado el tipo de volcán se puede proceder a simular la erupción. Durante la simulación, la herramienta va mostrando distintos productos volcánicos emitidos. En el caso del volcán en escudo, se muestra la formación de coladas de lava y tubos de lava. Pulsando sobre cada uno de los productos se desplegará un texto con información sobre sus características principales.

LOS VOLCANES MÁS ACTIVOS EN NUESTRO PLANETA

Carracedo y Perez-Torrado (2015b), en este mismo monográfico, señalan la existencia de unos 550 volcanes activos, los cuales han tenido la última erupción en tiempos históricos. Algunos de ellos nos son muy familiares debido a su actividad volcánica reciente, narrada en muchos casos, por los medios de comunicación. Otros, a pesar de no haber sufrido ninguna erupción volcánica en los últimos tiempos son ampliamente conocidos por haber sufrido alguna erupción altamente explosiva y catastrófica. En ambos casos, no resulta nada difícil encontrar información sobre su historia en la red. Si bien son numerosos los volcanes que merecerían un subapartado en este artículo, finalmente se ha optado por presentar aquellos recursos en la red disponibles para una selección de volcanes activos (o emblemáticos) que aparecen citados en los artículos de este monográfico.

<http://volcano.si.edu/>

El Global Volcanism Program de la Smithsonian Institution tiene como objetivo documentar, entender y diseminar la información sobre la actividad volcánica global de los últimos 10.000 años. En su página web destaca un apartado dedicado a aquellos volcanes que en este preciso momento están en erupción (Fig. 4). Para cada uno de ellos, se reporta su localización en el google maps y un breve informe semanal sobre la actividad volcánica. En este mismo apartado se puede consultar un archivo con casi 280 volcanes catalogados, con información general, actividad reciente, historia eruptiva y sitios web relacionados, además de una galería fotográfica. La web dispone de una amplia base de datos de volcanes holocenos (más de 1500). Se puede realizar una búsqueda a través del nombre del volcán, tipo de volcán, características, evidencias de actividad reciente, localización, tipo de rocas o población. Los resultados de la búsqueda se pueden descargar en

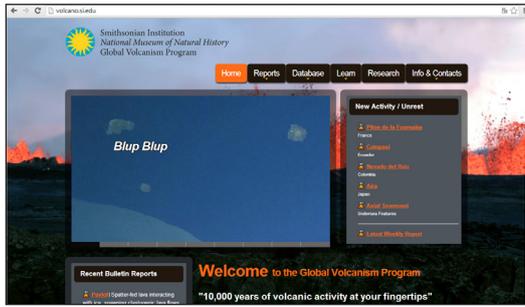


Fig. 4. Captura de pantalla de la página inicial de la web del Global Volcanism Program de la Smithsonian Institution. En la parte derecha destacan los volcanes que actualmente están en erupción.

Excel. En otro de los apartados “Learn” se ofrecen recursos didácticos, siendo la mayoría vídeos producidos por la misma institución. Resulta de interés en este apartado el recurso “Types and Processes Gallery” en el cual se explican e ilustran los distintos tipos de volcanes, sus productos, los peligros volcánicos asociados, y los beneficios volcánicos como la actividad geotérmica (ver el artículo de Lago *et al.*, 2015b, en este mismo monográfico). Uno de los productos didácticos que se pueden consultar en esta web es el llamado “This Dynamic Planet” (<http://volcano.si.edu/tdpmap/>), un mapamundi interactivo con la localización de volcanes, terremotos, cráteres de impacto y tectónica de placas realizado por Simkin *et al.* (2006).

Vesubio

Este volcán italiano se considera uno de los estratovolcanes más peligrosos de nuestro planeta debido a la alta densidad de población en la zona donde se ubica (Pianura Campania), incluyendo una de las grandes ciudades italianas como es Nápoles con más de 3 millones de habitantes, y municipios históricamente destacados como Pompeia o Ercolano. Se sabe que la actividad volcánica en el área del Vesubio se inició hace aproximadamente unos 400.000 años, pero la historia del edificio Somma-Vesubio se escribe en los últimos 25.000 años. En todo este tiempo, este volcán ha sufrido numerosas erupciones plinianas y subplinianas alternadas con episodios de actividad de menor energía. Sin duda, la más conocida es la erupción del 79 (dC) que arrasó ciudades emblemáticas como Pompeia, Ercolano o Estabia.

www.ov.ingv.it

La página web del *Osservatorio Vesuviano* (que forma parte del *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV*) es la página de referencia para todo aquel que desee información sobre el Vesubio, así como de los conocidos Campi Flegrei, Ischia y Stromboli. El *Osservatorio Vesuviano* es una entidad pública dedicada a la investigación sobre vulcanología y geofísica y su aplicación al monitoreo de volcanes activos. Es por ello que para cada uno de estos volcanes, dedican un apartado sobre el estado actual, actividad reciente, monitoreo e historia eruptiva.

Saint Helens

El estratovolcán Saint Helens, situado en el estado de Washington (Estados Unidos) es uno de los volcanes más activos de las conocidas Cordilleras de las Cascadas (*Cascade Range*). Si bien el episodio volcánico más conocido es la erupción de 1980, la historia eruptiva del St. Helens se remonta hasta hace unos 275.000 años. A lo largo de su compleja historia, este estratovolcán ha producido erupciones altamente explosivas, así como erupciones efusivas con emisión de lavas. Los vulcanólogos han distinguido cuatro grandes estadios volcánicos separados por periodos de inactividad volcánica. Pero sin duda, el episodio volcánico más conocido es la erupción catastrófica del 18 de mayo de 1980.

http://volcanoes.usgs.gov/volcanoes/st_helens/

La página web del Servicio Geológico de Estados Unidos, es sin duda una de las mejores fuentes de información sobre el volcán Mount Saint Helens. En esta web se encuentra información detallada y perfectamente ilustrada sobre la historia eruptiva de este estratovolcán. La actividad holocena anterior a la erupción de mayo de 1980, y los periodos de actividad volcánica posteriores (1980-1986, 1986-2001 y 2004-2008) también se tratan de forma clara y precisa. En esta misma página se ofrece el enlace al “Mount Saint Helens National Volcanic Monument” (<http://www.fs.usda.gov/mountstheleens>).

Kilauea

El Kilauea, junto con el resto de volcanes de la “Big Island” del archipiélago hawaiano (Mauna Loa, Mauna Kea, Hualalai y Kohala) es probablemente uno de los volcanes más mediáticos y conocidos del planeta. Numerosos son los documentales realizados en esta isla, en parte gracias a la actividad volcánica continua del Kilauea desde enero de 1983. Se estima que este volcán en escudo que se encuentra en su fase inicial de construcción (estadio de volcán en escudo – *shield stage*), inició su actividad volcánica subaérea hace entre 50.000 y 100.000 años. En tiempos históricos se han registrado unas sesenta erupciones, sin tener en cuenta la continua actividad del lago de lava que se encuentra en el famoso cráter Halema`uma`u.

<http://hvo.wr.usgs.gov/kilauea/>

El *Hawaiian Volcanic Observatory* forma parte del programa sobre riesgos volcánicos (Volcano Hazards Program) del Servicio Geológico estadounidense. Su misión es investigar sobre los volcanes de Hawaii y trabajar codo a codo con los organismos de emergencias con el fin de proteger a la población y bienes materiales de los peligros derivados de terremotos y volcanes. Para ello centran su actividad en tres ejes principales como son la monitorización, la investigación y la divulgación. En su página web se encuentra información sobre los distintos volcanes de Hawaii (características principales, historia eruptiva, etc.) y se dedica un apartado a los peligros volcánicos en esta isla, incluyendo los derivados de la emisión de coladas de lava, tefra o gases volcánicos, entre otros.

LOS VOLCANES EN ESPAÑA

En España existen cinco regiones con volcanismo reciente (Neógeno-Cuaternario), una formada por las Islas Canarias y las otras cuatro restantes localizadas en la Península Ibérica: (1) la zona del NE peninsular o también conocida como Campo Volcánico Catalán, en la que destaca la Zona Volcánica de la Garrotxa, (2) la zona central o del Campo de Calatrava (Ciudad Real), (3) la zona de Levante que incluye las Islas Columbretes así como el volcanismo de Cofrentes y Picasent, y (4), la zona del SE o de Almería-Murcia de las que destaca el parque natural del Cabo de Gata (Almería). De estas cuatro zonas peninsulares, tal y como indica la Smithsonian Institution (<http://volcano.si.edu/>), únicamente la Zona Volcánica de la Garrotxa y el Campo de Calatrava han presentado erupciones volcánicas durante los últimos 10.000 años. Aún así, y a diferencia de las Canarias, en ninguna de estas zonas ha habido erupciones en épocas históricas.

Gran parte de la investigación que se lleva a cabo en estas regiones volcánicas la realizan grupos de investigación consolidados que desarrollan su actividad en algunas de las universidades españolas así como en centros e institutos de investigación científica (Tabla I).

Entre las publicaciones de carácter estatal sobre el vulcanismo en las zonas volcánicas españolas, aquí destacamos el monográfico “Los Volcanes” publicado en 1999 por Enseñanza de las Ciencias de la Tierra (número 7.3). En este volumen, en el que participan investigadores de los distintos grupos de la Tabla I, se recogen cuatro artículos sobre los campos volcánicos peninsulares y otros dos sobre Canarias. Recientemente, esta misma revista ha publicado un par de trabajos sobre el relieve y los megadeslizamientos de las Islas Canarias (Carracedo *et al.*, 2007, 2009)

Tabla I. Grupos de investigación en España de reconocido prestigio internacional que dedican su actividad (o parte de ella) al estudio del volcanismo y peligros asociados.

GRUPO DE INVESTIGACIÓN	LOCALIZACIÓN	RESPONSABLE	PÁGINA WEB
Geología de Terrenos Volcánicos, GEOVOL	Universidad de las Palmas de Gran Canaria	Francisco-José Pérez-Torrado	http://www.gi.ulpgc.es/geovol/index.php
Grupo de Investigación del Instituto Volcanológico de Canarias	Instituto Volcanológico de Canarias, INVOLCAN	Nemesio M. Pérez	http://www.involcan.org/
Grupo de Volcanología de Barcelona, GVB	Instituto Jaume Almera -Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	Joan Martí Molist	http://www.gvb-csic.es/
Procesos geológicos y materiales avanzados, GEOPAM	Instituto Jaume Almera -Consejo Superior de Investigaciones Científicas (CSIC)	Jose Luis Fernández-Turiel	http://www.ictja.csic.es/index.php/research/research-groups/environmental-changes-in-the-geological-record
Geomorfología, Territorio y Paisaje en Regiones Volcánicas, GEOVOL	Universidad de Castilla La Mancha	Dra. Elena González Cárdenas	https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/grupo.htm
Geoquímica de procesos endógenos y petrogénesis de rocas ígneas y metamórficas	Universidad de Granada	María Teresa Gómez Pugnare	http://www.ugr.es/~minpet/grupos.html
Vulcanismo	Universidad Complutense de Madrid	Eumenio Ancochea	http://pendientedemigracion.ucm.es/info/petrolog/investigacion/vulcanismo.html
Reciclado poli-orogénico en terrenos ígneos y metamórficos del Macizo Hespérico	Universidad del País Vasco	Benito Ábalos Villaro	benito.abalos@ehu.es
Geotransfer	Universidad de Zaragoza	Antonio M ^a Casas Sáinz	http://wzar.unizar.es/perso/geotransfero27/geotransfer.html

Campo Volcánico Catalán

El vulcanismo en el NE peninsular, de carácter alcalino, se distribuye en tres áreas volcánicas que de más antigua a más moderna son: l'Empordà (entre 15 y 6 millones de años), la Selva (entre 5 y 2 millones de años) y la Garrotxa (últimos 300.000 años). La Zona Volcánica de la Garrotxa (ZVG) es la que presenta los edificios volcánicos mejor conservados de todo Cataluña, con un número superior a cuarenta. Dentro la ZVG, la zona de Santa Pau es la que ostenta las manifestaciones volcánicas más recientes, en concreto el volcán Croscat considerado el volcán más joven de esta área volcánica con una edad aproximada de 10.000 años.

A diferencia de la ZVG, en las zonas del Empordà y la Selva la actividad eruptiva únicamente es evidente por la presencia de material volcánico más resistente a la erosión, como coladas de lava o chimeneas desmanteladas. Una excepción importante en el área de la Selva es el maar de la Closa de Sant Dalmai (Aulinas *et al.*, 2015).

<http://parcsnaturals.gencat.cat/es/garrotxa/index.html>

En la web de la Generalitat de Catalunya se encuentra información sobre el Parc Natural de la Garrotxa así como el enlace a varios recursos pedagógicos de los cuales cabe destacar la guía de volcanismo “El Volcanismo: Guía de campo de la Zona Volcánica de la Garrotxa” (<http://parcsnaturals.gencat.cat/es/garrotxa/visiteu-nos/comunicacio-educacio-ambiental/recursos-pedagogics/>)

Campo de Calatrava

La región del Campo de Calatrava se extiende entre los Montes de Toledo y Sierra Morena y está constituida por más de 200 edificios volcánicos que se reparten a lo largo de 5000 km². El grado de con-

servación de los edificios es bastante bueno y varía en función de su antigüedad, composición y volumen de los materiales emitidos así como de la forma original o su localización. El volcanismo en esta región se desarrolló en dos fases. La primera de ellas, de muy poca importancia tuvo lugar entre los 8,7 y 6,4 millones de años con la formación de un único centro volcánico de carácter ultrapotásico (Volcán del Morrón de Villamayor). La segunda fase, de carácter alcalino data desde los 3,7 millones de años hasta menos de 0,7 millones de años (Ancochea *et al.*, 2004)

<http://www.campocalatrava.com/>

En esta web sobre la comarca del Campo de Calatrava (Ciudad Real) se dedica un apartado al vulcanismo neógeno-cuaternario de la región. La misma página enlaza con un artículo de la del catedrático Pedro Higuera Higuera de la Universidad de Castilla la Mancha.

<http://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/>

Esta página web de la Universidad de Castilla la Mancha y realizada por la Dra. Elena González Cárdenas, trata el volcanismo del Campo de Calatrava y se incluye información geomorfológica, geocronológica, petrológica y geoquímica, etc. Además se acompaña de una interesante galería fotográfica. La misma autora es también coautora de la guía divulgativa “Volcanes del Campo de Calatrava” (<https://www.uclm.es/profesorado/egcardenas/guia%20volcanes.pdf>) editado por la Asociación para el desarrollo del Campo de Calatrava (<https://www.cam-podecalatrava.com>).

Zona de Levante

En esta región volcánica destacan los afloramientos de Cofrentes y Picassent (provincia de Valencia), así como las islas Columbretes y un gran número de afloramientos submarinos que se extienden entre la costa de Valencia y las Baleares. Las edades obtenidas del área volcánica de Cofrentes (en particular para el afloramiento de Castillo de Cofrentes) abarcan desde los 2,6 al 1 millones de años de antigüedad con un valor medio de 1,8 millones de años. En el caso de Picassent, las rocas basálticas características de esta zona presentan una edad de 8,0 millones de años. Las determinaciones radiométricas K/Ar en las islas columbretes proporcionan edades entre 1 y 0,33 millones de años. La formación de estas islas representa los últimos vestigios de actividad volcánica en la zona del golfo de Valencia. Los materiales volcánicos que afloran son de carácter alcalino básico en la Columbrete Grande y algunos islotes de La Ferrera. El resto de islas están formadas por tobas de composición más evolucionada (fonolitas y traquitas) (Ancochea *et al.*, 2004).

<http://www.citma.gva.es/web/pn-illes-columbretes>

Para saber un poco más sobre las Islas Columbretes se puede consultar la web de Conselleria de Agricultura, Medio Ambiente, Cambio Climático y Desarrollo Rural de la Generalitat Valenciana. Si bien no se proporciona una extensa información sobre el

volcanismo en estas islas, sí que puede ser un recurso útil para tener una idea global sobre su historia, geología, vegetación y fauna. Toda la información queda recogida en los folletos electrónicos (también hay versión en pdf) editados por la misma Conselleria (http://www.citma.gva.es/estatico/cidam/espacios/parques/folletos_electronicos/columbretes/cas/index.html).

<http://www.cofrentes.es/web/product/volcan-cerro-de-agras/>

La página web del ayuntamiento de Cofrentes, dedica brevemente un apartado al volcán Cerro de Agras. Para obtener mayor información sobre este volcán, se recomienda el documento sobre el volcanismo en Cofrentes confeccionado para el Geodía 2011 (organizado por la Sociedad Geológica de España y que tuvo lugar en Valencia) y en el que el ayuntamiento de Cofrentes figura como colaborador/patrocinador (http://www.sociedadgeologica.es/archivos_pdf/g11trip_valencia.pdf).

Zona de Almería-Murcia

Esta región volcánica se localiza en la parte oriental de la Cordillera Bética. Mayoritariamente se extiende desde el Cabo de Gata hasta el Mar Menor, si bien es cierto que algunos afloramientos (rocas ultrapotásicas) se localizan en el interior. De las cuatro zonas volcánicas peninsulares, ésta es sin duda alguna la más compleja y heterogénea tanto por lo que se refiere a composición de los magmas (de calco-alcalinos a alcalinos pasando por shoshoníticos o ultrapotásicos) como a mecanismos eruptivos. El volcanismo en esta extensa área volcánica se desarrolla en dos fases. La primera, en la que se emiten los magmas calco-alcalinos, shoshoníticos etc., se inicia hace aproximadamente entre los 16 y 13 millones de años y finaliza hacia los 7 millones de años. Después de una interrupción volcánica de unos 4 millones de años, se inicia el segundo período volcánico, esta vez de carácter alcalino (Ancochea *et al.*, 2004).

<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc5/ventana/mostrarFicha.do?idEspacio=7406>

En la página web de la Junta de Andalucía se encuentra información relativa al Parque Natural del Cabo de Gata. En el apartado de publicaciones, destaca el documento “La Casa de los Volcanes - Guía Geoambiental” (http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/servtc5/ventana/descargaPublicaciones.do?s=img/Publicaciones/CabodeGata/&n=Guia_CasaVolcanes_esp.pdf), que explica la geología del parque natural.

<http://www.europeangeoparks.org/>

El Parque Natural del Cabo de Gata-Níjar forma parte de la red de geoparques europeos. Esta red, que lo conforman 65 geoparques de 22 países (entre los cuales hay 10 españoles), tiene como objetivo apoyar a sus miembros en la conservación y valorización de su patrimonio geológico a través de un desarrollo integrado y sostenible del territorio (Simón *et al.*, 2011; Fernández-Martínez *et al.*, 2014). Cada uno de los geoparques que aparecen en el

elenco presenta un enlace a sus webs principales. En el caso del Cabo de Gata, el enlace nos lleva a la página web de la Junta de Andalucía, concretamente en la Red de Espacios Naturales protegidos de Andalucía (<http://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/cabodegata-nijargeopark>).

http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,108&r=ReP-23836-DETALLE_REPORTAJESPADRE

La página web de la Región de Murcia digital dedica una parte a la geología de la Región de Murcia. Destaca el apartado referido a volcanes, el cual resulta ser muy completo y bien ilustrado. A parte del volcanismo Pliocuaternario de Cartagena, también repasa episodios volcánicos más antiguos iniciados en el Pérmico-Triásico.

Islas Canarias

Las Islas Canarias forman parte de un grupo de archipiélagos (conocido en la antigüedad como Macaronesia y formado por Azores, Canarias y Cabo Verde) localizado al NE del Océano Atlántico, todos ellos bordeando la costa Africana (e.g., Ancochea *et al.*, 2004; Carracedo *et al.*, 2007). Además de las 7 islas mayores, hablamos de las islas orientales (Lanzarote y Fuerteventura), las centrales (Gran Canaria, Tenerife y la Gomera) y las occidentales (La Palma y El Hierro), el Archipiélago Canario cuenta con cuatro isletas (Aleganza, Graciosa, Montaña Clara y Lobos) y numerosos islotes, todas estas islas se han formado en los últimos 20-25 millones de años, siendo las más antiguas Lanzarote y Fuerteventura, y las más modernas La Palma y El Hierro. La superficie emergida es de aproximadamente 7.501 km². Todas estas islas se asientan sobre una corteza oceánica de edad Jurásica (formada entre 176 y 165 millones de años) que se caracteriza por ser una de las más viejas, frías y rígidas de todo el planeta. Además, su rigidez permite que los edificios volcánicos se sostengan durante millones de años sin evidencias de subsidencia. Ésta es una característica que diferencia las Islas Canarias de otros archipiélagos como las Islas Hawaii. Estas últimas se sitúan sobre la placa Pacífica en donde la corteza es mucho más joven, delgada y flexible lo que facilita una rápida subsidencia de los edificios volcánicos y la formación de atolones.

Sin duda el Archipiélago Canario es el principal referente de volcanismo reciente en España, prueba de ello es la reciente erupción submarina de El Hierro en octubre de 2011, una evidencia más de que el volcanismo en esta zona sigue siendo muy activo.

<http://parquesnacionalesdecanarias.com/es/index.html>

Las Islas Canarias tienen cuatro parques nacionales declarados. Los cuatro Parques que se encuentran en las islas son (según la antigüedad de su declaración como tales): el de La Caldera de Taburiente en La Palma (declarado en 1954), el Parque Nacional de las Cañadas del Teide en la isla de Tenerife (también en 1954), el de Timanfaya en Lanzarote (en 1974) y el de Garajonay en La Gomera (en 1981). Cada uno de los parques que se presentan en la web, contienen un menú de zona de descarga, por el cual pueden des-

cargarse documentos o audioguías con contenidos relacionados con la geología del Parque.

<http://geoparqueelhierro.es/>

La isla de El Hierro ha sido declarada Geoparque por la UNESCO, convirtiéndose en el 60 miembro de la Red Europea de Geoparques (REG). La riqueza geológica, la belleza paisajística, la experiencia adquirida en materia sismo-volcánica, los programas medioambientales, el desarrollo del sector primario o las aspiraciones a convertirse en primer territorio capaz de autoabastecerse de energía eléctrica a partir de fuentes renovables han contribuido a que la UNESCO le haya concedido el distintivo de Geoparque. Se puede destacar el menú “Geoexperiencias” dentro de la web ya que presenta, de forma muy resumida, algunos aspectos geológicos y volcanológicos ocurridos en la isla, que han quedado como huella para poder ser visitado.

CONVIVIR CON LOS VOLCANES: PELIGROS VOLCÁNICOS

Una erupción volcánica puede ser un acontecimiento impresionante, vistoso, espectacular y beneficioso, pero también destructivo. Los habitantes en esas regiones volcánicamente activas deben adquirir entonces una percepción clara de los beneficios y de los riesgos que implica vivir en un lugar así. Para todos esos casos, sólo hay una forma de poder convivir con los volcanes y es “el sentido común”; en segundo término ya intervienen aspectos como consejos de seguridad y recomendaciones en caso de una erupción volcánica. Por tanto, en este apartado se exponen una serie de enlaces web de lugares potencialmente frecuentes en actividad volcánica.

<http://volcanoes.usgs.gov/activity/status.php>

Como se comentó anteriormente en la introducción, la U.S. Geological Survey (USGS) tiene como uno de los objetivos el desarrollo de un programa de seguimiento continuamente actualizado sobre la Peligrosidad Volcánica. Presenta el monitoreo de los volcanes activos, gracias a la vinculación directa a diferentes observatorios volcanológicos en territorio estadounidense y, así, puede determinar el grado de peligrosidad, por lo que en caso de una crisis volcánica serían los primeros en actuar siguiendo un protocolo ya determinado con el único fin de evitar que una crisis volcánica se transforme en desastre.

<http://www.atlasmnacionalderiesgos.gob.mx/images/PHPcenaPred/index/fase1/Volcan/popocatepetl/>

La web del centro nacional de desastres de México contiene información sobre vigilancia de los volcanes de este país. Ofrece reportes diarios sobre el Volcán de Popocatepetl con la posición del semáforo volcánico ante la actividad del volcán, el cual desarrolla un sistema de alerta para determinar en qué momento la población y las autoridades de Protección Civil deberán activar las acciones correspondientes de prevención y auxilio. Además de toda esa información, proporciona la posibilidad de activar diferentes capas que contienen un determinado tipo de información tratando de mostrar, de manera muy

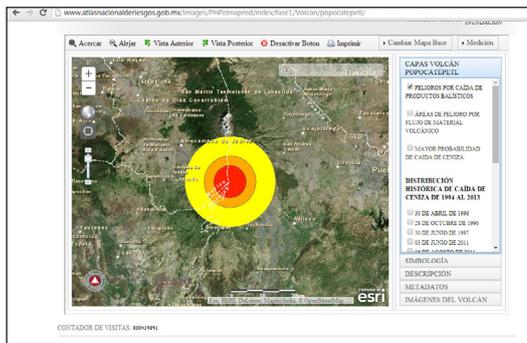


Fig. 5. Captura de pantalla de la página web del centro nacional de desastres de Méjico. En el mapa se ilustra el área en peligro por caída de productos piroclásticos.

sencilla, los datos que maneja un Sistema de Información Geográfica (SIG), tal y como se describe por Rodríguez-Gonzalez y Fernández-Turiel (2015), en este mismo número (Fig. 5).

<http://www.cne.go.cr/index.php/gestireventiva-la-instituci40/36-educacion-y-asesoria/83-erupcion>

Costa Rica, uno de los países donde el riesgo volcánico es muy elevado, tiene más de 200 volcanes en su pequeño territorio, algunos extintos, otros dormidos y al menos 7 están activos. Históricamente, el país ha tenido erupciones importantes que permanecen en el recuerdo de muchas personas. El gobierno ha desarrollado en su web un apartado específico sobre peligrosidad volcánica con una excelente infografía sobre qué hacer en caso de amenaza volcánica.

<http://www.ign.es/ign/layout/volcaVolcanologia.do>

La página web del Instituto Geográfico Nacional (IGN) dedica una parte a la vigilancia volcánica en Canarias. En este apartado se pueden consultar noticias e informes mensuales, señales sísmicas (en tiempo cuasi-real o de días anteriores), terremotos ocurridos los últimos 10 días, información sobre la actividad volcánica en El Hierro, estudios de relocalización y listado de las estaciones de la red sísmica nacional.

GOOGLE EARTH/MAPS: UNA HERRAMIENTA IMPRESCINDIBLE

Hay que dedicarle una especial atención a las posibilidades que nos ofrece Google Earth (e.g., Lamas Valente, 2006; Lisle, 2006; Montealegre de Contreras, 2006; Alfaro *et al.*, 2007) o Google Maps en la enseñanza. En este caso, se utilizan lenguajes específicos de Google como son los KMZ y KML, un formato de archivo para la creación de modelos y almacenamiento de funciones geográficas (puntos, líneas, imágenes, polígonos, etc.). Estos tipos de archivos cuentan con una estructura basada en etiquetas con nombres y atributos utilizados para poder visualizarlos. Google Earth puede abrir todos los archivos que tengan la extensión de nombre de archivo adecuada: .kml o .kmz. Para ello, es necesaria la instalación en el PC del software de Google Earth: (<https://www.google.es/intl/es/earth/download/ge/agree.html>)

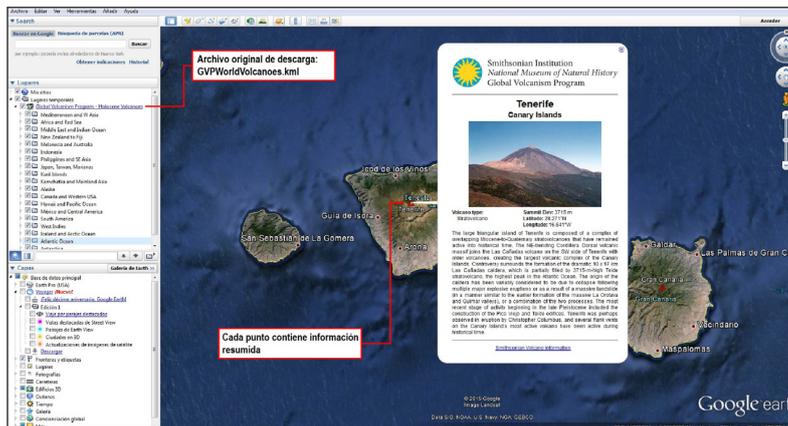


Fig. 6. Captura de pantalla de Google Earth que muestra el KML descargado de la web de la Smithsonian (ver texto). Una vez descargado el archivo, hacer doble clic con el botón izquierdo del mouse y se ejecutará el software (previamente instalado) con la información que contiene el KML, tal y como se indica en el ejemplo de la figura.

Disponemos de varias webs (oficiales o de forma particular) que ofrecen la descarga de cualquier temática, no sólo relacionada con el volcanismo, como es la que se va a presentar a continuación. Por citar alguna web de descarga oficial:

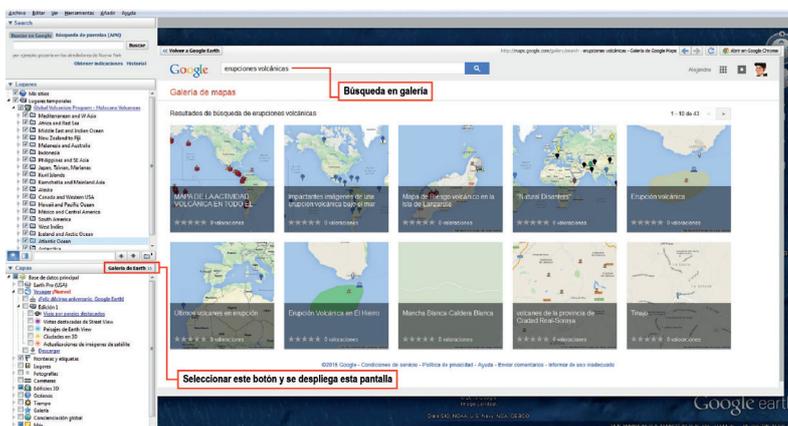
http://volcano.si.edu/learn_products.cfm?p=9

Los datos que ofrece la Smithsonian de volcanes del Holoceno conocidos en todo el mundo, muestra adjunto en cada punto una foto (si está disponible), datos geográficos, y enlaces a información más detallada (Fig. 6).

<https://productforums.google.com/forum/#forum/gec>

Es un foro para compartir lugares e información con otros usuarios que vinculan contenidos a este tipo de archivos específicos para Google Earth. Además, sin necesidad de descargas, también es posible visualizar la información de cualquier temática que esté publicada seleccionando en Google Earth el botón “Galería de Earth” y se despliega una pantalla que muestra diferentes miniaturas de diferentes temáticas (Fig. 7). Para hacer una búsqueda relacionada con los volcanes, puede hacerse directamente en “Buscar en la galería” con palabras clave como: volcanes en el mundo, erupciones volcánicas, etc. (también se puede buscar en inglés).

Fig. 7. Captura de pantalla de Google Earth. Al seleccionar el botón “Galería de Earth” se despliega una pantalla que muestra información proporcionada por usuarios relacionada con cualquier temática. En este caso se ha hecho una búsqueda por “erupciones volcánicas” y muestra todo lo que pueda estar relacionado.



PORTALES WEB DE VÍDEOS E IMÁGENES

Diariamente, en el aula utilizamos una diversidad de recursos, entre los que cada vez más incluimos materiales digitales: sitios de internet, vídeos, imágenes, audios, artículos que encontramos al navegar en la web. Y también adaptamos materiales y creamos, por ejemplo, nuestras presentaciones para explicar un tema del modo que consideramos más didáctico, subimos un vídeo propio, escribimos apuntes que luego compartimos, etc., con el fin de ayudar en la adquisición de un conocimiento, reforzar un aprendizaje, favorecer el desarrollo de una determinada competencia y evaluar conocimientos.

En este apartado vamos a comentar algunos de los principales portales web de vídeos e imágenes donde encontrar y compartir esos recursos. Pero debemos, previamente, preguntarnos sobre qué tipo de licencias o permisos tienen esos recursos para usarlos con propiedad.

Las licencias en la web

En principio, debemos formularnos la siguiente pregunta: ¿Qué es importante saber sobre las licencias que protegen los derechos de autor, tanto para utilizar materiales de otros como para compartir los propios? Sin embargo, generalmente no tenemos en cuenta qué tipo de licencias o permisos tienen los materiales que circulan en la web. Por norma general, trabajamos con materiales de terceros sin preguntarnos si podemos usarlos ni bajo qué condiciones, así como tampoco indicamos qué tipo de permisos queremos establecer para que otras personas utilicen o no (y de qué manera) el material propio que subimos a internet.

Cuando se trata de material en soporte papel, como por ejemplo los libros de texto, sabemos que en su enorme mayoría tienen un “Copyright ©” que indica que “Todos los derechos (están) reservados y que está prohibida su reproducción total o parcial”, esto quiere decir que, para reproducir ese material, publicarlo o incluirlo en otras producciones, es necesario pedir autorización. Lo mismo sucede con el material digital que circula en internet: es una creencia errónea considerar que “si está en internet, se puede usar libremente”. Al igual que los contenidos en soporte papel, es necesario conocer qué tipo de licencia tienen para saber qué se puede hacer con ellos y si es necesario pedir autorizaciones. Cada vez que subimos un material a la web, a éste se le aplican los mismos criterios legales que rigen en la ley de propiedad intelectual.

Uno de los proyectos que consiguió establecer un nuevo sentido al tipo de licencias es “Creative Commons”. Se trata de un modo de proteger la propiedad intelectual de los contenidos pero teniendo en cuenta cómo circularán en los medios digitales. Poner una creación propia bajo una licencia Creative Commons no significa que no tengan copyright, sino que podemos ofrecer algunos derechos a otras personas bajo ciertas condiciones. Al combinar estas condiciones se pueden producir seis tipos de licencias, descritas detalladamente en el siguiente enlace: https://creativecommons.org/licenses/?lang=es_ES

Portales de vídeo

Los portales de vídeo de internet representan uno de los recursos educativos más potentes y accesibles que permiten al alumnado visualizar, y en consecuencia comprender mucho mejor, los conceptos relacionados, en este caso, con el volcanismo y los peligros volcánicos. *Youtube*, *Vimeo* y *Dailymotion* son probablemente los portales más utilizados actualmente y en los que se obtiene mayor cantidad de información sobre el fenómeno volcánico. Ahora bien, la inmensidad de audiovisuales sobre un mismo concepto requiere una evaluación crítica previa a la selección de aquellos más apropiados. Argumentos como la autoría, el contenido, la duración del audiovisual o la actualización, entre otros, ayudan a escoger aquellos materiales que pueden ser más adecuados.

<https://www.youtube.com/>

Para realizar búsquedas en *Youtube* en diferentes aspectos relacionados con los diferentes temas publicados en este número, es suficiente con insertar en la búsqueda alguna palabra clave como: lavas aa, flujos piroclásticos, tipos de erupciones, etc.

También encontramos el portal de videos de *Vimeo* y *Dailymotion*, pero menos destacados que el de *Youtube*. El sistema de búsqueda es en la misma dinámica, pero en este caso los resultados no son tan numerosos como si los presenta el portal de *Youtube*. Para obtener mejores resultados en estos dos portales se debería realizar la búsqueda en inglés.

<https://vimeo.com/>

Vimeo se considera la casa de los vídeos creativos y profesionales. Es una plataforma de vídeo más pequeña, que se centra en vídeos creativos de gran calidad en comparación con los vídeos más enfocados al entretenimiento de *Youtube*. Se dirige así a pequeñas audiencias y tiene una apariencia más limpia y estética, como también videos de mayor calidad. Además, ofrece la posibilidad al usuario de configurar las opciones para que otros usuarios puedan descargarse su vídeo, algo que no permite *Youtube*.

<http://www.dailymotion.com/es>

Dailymotion, a diferencia de *YouTube*, se especializa en presentar videos de corta duración de creación semiprofesional. Tiene el inconveniente de tener una menor difusión viral que *YouTube*. Esta última plataforma tiene un catálogo más amplio de vídeos, pero no por ello siempre de mejor calidad.

Portales de imágenes

FLICKR (<https://www.flickr.com/groups/flickrerespaol/>)

Flickr es un sitio web que permite almacenar (hasta 1 Terabyte de capacidad), ordenar, buscar, vender y compartir fotografías en línea. Cuenta con una importante red social que comparte las fotografías creadas por los usuarios. Esta comunidad se rige por normas de comportamiento y condiciones de uso que favorecen la buena gestión de los contenidos, por lo que para acceder a este portal web se

debe tener una cuenta de usuario en *Yahoo*, *Google* o *Facebook*. La popularidad de *Flickr* se debe fundamentalmente a su capacidad para administrar imágenes mediante herramientas que permiten al autor etiquetar sus fotografías y explorar y comentar las imágenes de otros usuarios.

Si queremos realizar una búsqueda en *Flickr*, simplemente hay que introducir una palabra clave (1 en Fig. 8), por ejemplo “erupción”, la opción “Avanzado” (2 en Fig. 8) permite para seleccionar filtros en la búsqueda como orientación, tamaño, contenido, etc. Para utilizar una fotografía con una licencia “Creative Commons” (3 en Fig. 8) seleccionar en el menú desplegable y sólo mostrará las fotografías con este tipo de licencia. Al seleccionar una imagen aparece en la parte inferior derecha el comentario de “Algunos derechos reservados”, donde el propietario de la fotografía habrá seleccionado algunos requisitos mínimos para su uso.

INSTAGRAM (<https://instagram.com/>)

Instagram es una red social que permite compartir fotografías que se pueden personalizar. Si bien no es de extrañar que las virtudes de esta red social sean un imán para los jóvenes, muchos no ven aún una aplicación práctica de esta herramienta en el ámbito educativo. Sin embargo, varios docentes han comenzado a utilizarla como forma de incentivo, ya que puede ser utilizada en tareas pedagógicas que fomentan la creatividad.

Para realizar búsquedas de alguna temática se necesita incluir un hashtag “#” antes de introducir la palabra clave: por ejemplo “#volcanes”, lo que facilita la búsqueda de información.

OTROS RECURSOS EDUCATIVOS

<http://www.e-oikos.net/gmap/oikos.htm>

Se trata de un proyecto financiado por la Comisión Europea en la que participan varias instituciones educativas europeas de las cuales dos son españolas (Universitat de Barcelona y Universidad de Zaragoza) (Cortés Gracia *et al.*, 2012). Proporciona una herramienta didáctica innovadora para la enseñanza y el aprendizaje de las Ciencias de la Tierra.

<http://www.earthchem.org/>

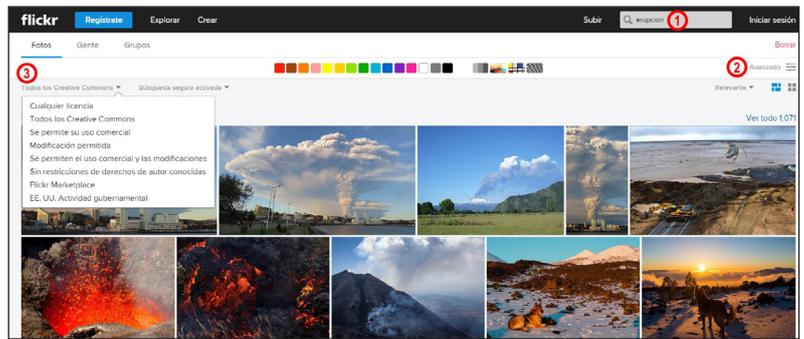
En esta web financiado por la *U.S. National Science Foundation* se accede a una completísima base de datos geoquímicos, geocronológicos y petrológicos.

<http://www.volcanodiscovery.com/>

Esta web, inicialmente representaba a una empresa de viajes fundada por el vulcanólogo Tom Pfeiffer en 2004, que ofrecía (y ofrece actualmente) expediciones a volcanes en activo en todo el planeta. Poco a poco, esta página web ha crecido y no solo se dedica a los *tours* turísticos sino que ofrece una gran cantidad de información sobre el fenómeno volcánico, noticias sobre volcanes y una amplia galería fotográfica.

<http://www.volcanolive.com/>

Volcano Live es una página web educativa producida por John Seach que proporciona informa-



ción y una amplia galería de imágenes sobre volcanes activos de todo el planeta.

<http://www.earthlearningidea.com>

Página web con una gran cantidad de actividades sencillas, traducidas a varios idiomas, sobre distintas disciplinas de la Geología (King *et al.*, 2009), incluidas algunas que tienen relación con el vulcanismo.

CONSIDERACIONES FINALES

De acuerdo con los “principios de alfabetización en Ciencias de la Tierra” (The Earth Science Literacy Initiative, <http://www.earthscienceliteracy.org/>), una sociedad alfabetizada en ciencias de la Tierra es esencial para reducir la peligrosidad de los riesgos naturales. Para ello es necesaria una población que conozca los riesgos naturales, sepa actuar ante ellos y valore la importancia del desarrollo de políticas que tengan en consideración el conocimiento científico y técnico.

En este escenario, internet es actualmente una de las herramientas didácticas y de comunicación más potentes para la educación y sensibilización sobre fenómenos naturales catastróficos (en los que se incluyen los volcanes, ampliamente tratados en este monográfico). Tal y como se ha visto en este trabajo, los recursos en la red sobre vulcanismo y peligros asociados son inmensurables. Si bien muchos de ellos resultan ser de gran utilidad didáctica, es necesaria una valoración crítica previa a la elección de aquellos más adecuados.

BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, P., Espinosa, J., Falcés, S., García-Tortosa, F.J. y Jiménez-Espinosa, R. (2007). Actividades didácticas con Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.1, 2-15.

Alfaro, P., Brusi, D. y González, M. (2008). *El cine de catástrofes, ¡Qué catástrofe de cine!* En: Actas del XV simposio sobre Enseñanza de la Geología (Eds.: A. Calonge, L. Rebollo, M.D. López-Carrillo., A. Rodrigo e I. Rábano). Cuadernos del Museo Geominero, 11. Instituto Geominero de España, 1-12 p.

Alías, G., Aulinas, M. y Ferrater, M. (2011a). *La formación de las rocas ígneas. Un audiovisual didáctico para su aprendizaje.* En: Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Eds.: A.M. Sarmiento, M. Cantano y G.R. Almodóvar), Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 405-411 p.

Fig. 8. Captura de pantalla de Flickr con un ejemplo de búsqueda por la palabra clave “erupción” (1), definiendo filtros en la búsqueda (2) y con licencia Creative Commons (3).

- Alías, G., Ferrater, M., Alfonso, P., García-Valles, M., Aulinas, M. y Playà, E. (2011b). *Propuesta didáctica de clasificación de rocas*. En: Comunicaciones del XVII Simposio sobre Enseñanza de la Geología (Eds.: A.M. Sarmiento, M. Cantano y G.R. Almodóvar), Servicio de Publicaciones de la Universidad de Huelva, 392-396 p.
- Ancochea, E., Barrera, J.L., Bellido, F., Benito, R., Brändle, J.L., Cebriá, J.M., Coello, J., Cubas, C.R., De la Nuez, J., Doblas, M., Gómez, J.A., Hernán., F., Herrera, R., Huertas, M.J., López-Ruiz, J., Martí, J., Muñoz, M. y Sagredo, J. (2004). *Canarias y el vulcanismo neógeno peninsular*. En: Geología de España (Ed.: J.A. Vera), SGE-IGME Madrid, 635-680 p.
- Aulinas, M., Gisbert G. y Ortuño, M. (2015). *La Terra, un planeta inquiet. Com funcionen els volcans i els terratrèmols, com ensafecten i què podem fer per conviure-hi*. Publicacions i Edicions de la Universitat de Barcelona, 279p.
- Brusi, D. (2008). Simulando catástrofes. Recursos para la enseñanza de los riesgos naturales. *Alambique*, 55, 32-42.
- Brusi, D., Alfaro, P. y González, M. (2011). El cine de catástrofes naturales como recurso educativo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.2, 193-202.
- Carracedo, J.C. (2015). Peligros asociados a megadeslizamientos y lahares. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 66-72.
- Carracedo, J.C. y Perez-Torrado, F.J. (2015a). Peligros asociados a las coladas de lava. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 49-58.
- Carracedo, J.C. y Perez-Torrado, F.J. (2015b). Peligros volcánicos ¿Predecibles, prevenibles, mitigables? *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 5-11.
- Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J. y Hansen, A. (2007). El relieve de las Islas Canarias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15.2, 196-205.
- Carracedo, J.C., Pérez Torrado, F.J., Paris, y Rodríguez-Badiola, E. (2009). Megadeslizamientos en las Islas Canarias. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.1, 44-56.
- Cortés Gracia, A.L., Calvo Hernández, J.M., Martínez-Peña, B. y Gil Quílez, M.J. (2012). Simulación de las consecuencias de los terremotos a través del entorno web oikos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.3, 348-355
- Fernández-Martínez, E., Hilario Orus, A., Alcalá, L., Monasterio, J.M., Martínez, J.A. y de Santisteban Bové, C. (2014). Actividades de divulgación del patrimonio geológico en geoparques. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 22.1, 61-68.
- King, C., Kennett, P., Devon, E. y Sellés-Martínez, J. (2009). Earthlearningidea: nuevos recursos para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en todo el mundo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17.1, 2-15.
- Lamas Valente, N. (2006). Navegando por los paisajes del mundo con Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14, 1, 85-88.
- Lisle, R.J. (2006). Google Earth: a new geological resource. *Geology Today*, 22, 1, 29-32.
- Lago, M., Galé, C., Ubide, T., Larrea, P., Sanz, T. y Majarena, U. (2015a). Petrografía y composición química de rocas volcánicas: descubrir historias magmáticas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 33-39.
- Lago, M., Sanz, T. y Majarena, U. (2015b). El vulcanismo y su potencial geotérmico: perspectiva geológica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 80-87.
- López-Ruiz, J. y Cebriá, J.M. (2015). Vulcanismo y tectónica de placas. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 12-23.
- Montealegre de Contreras, L. (2006). Una propuesta en Geoimágenes: Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.2, 108-117.
- Perez-Torrado, F.J. y Fernandez-Turiel, J.L. (2015). Peligros asociados a los depósitos piroclásticos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 59-65.
- Perez-Torrado, F.J. y Rodríguez-Gonzalez, A. (2015). ¿Cómo se miden las erupciones volcánicas? El índice de explosividad volcánica. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 24-32.
- Pujadas, A. (1999). Volcanes en la red. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 7.3, 275-277.
- Ramon-Sala, L. y Brusi, D. (2015). Erupciones en el laboratorio. Modelos analógicos de peligros volcánicos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 96-106.
- Rodríguez-Gonzalez, A. y Fernandez-Turiel, J.L. (2015). Las geoformas volcánicas y su modelado morfométrico con sistemas de información geográfica (SIG). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23.1, 40-48.
- Simkin, T., Unger, J.D., Tilling, R.I., Vogt, P.R. y Spall, H. (2006). This dynamic planet: World map of volcanoes, earthquakes, impact craters, and plate tectonics. *U.S Geological Survey Geologic Investigations Map I-2800*.
- Simón, J.L., Catana, M.M. y Poch, I. (2011). La enseñanza de la Geología en el campo: un compromiso de los Geoparques reconocidos por la UNESCO. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 19.1, 74-80. ■

Este artículo fue solicitado desde E.C.T. el día 26 de diciembre de 2014 y aceptado definitivamente para su publicación el 16 de febrero de 2015.