

Aula 3.0: Una nueva forma de aprender geología. El uso de las apps Trnio® y Skechfab® para construir modelos 3D con el móvil

Classroom 3.0: a new way to learn geology. Building 3D models using Trinio® and Sketchfab® Smart-phone apps

JAVIER FERNÁNDEZ-LOZANO¹ Y GABRIEL GUTIÉRREZ-ALONSO^{1,2}

¹ Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. Universidad de Salamanca (37008 Salamanca, Spain).

E-mail: jfl@usal.es y gabi@usal.es

² Geology and Geography Department, Tomsk State University, Lenin Street 36 (Tomsk 634050, Russian Federation)

Resumen Los teléfonos móviles o Smart-phones representan uno de los objetos más temidos por los profesores en el aula. Relacionados con la distracción y la pérdida de tiempo, han logrado adquirir una mala fama en el ambiente educativo. Sin embargo, estos dispositivos pueden ser utilizados en el aula de ciencias con un objetivo muy distinto: mejorar el rendimiento académico y aumentar la motivación del alumnado intercambiando recursos físicos (ejemplares “de visu”) diferentes, disponibles en distintos centros. Presentamos el uso de recursos digitales para la elaboración de actividades prácticas y la creación de un laboratorio virtual de ciencias de la naturaleza. La elaboración de modelos 3D con la aplicación móvil (App) Trnio® permite generar fácilmente modelos fotorealísticos de minerales, rocas, estructuras geológicas y fósiles. Este tipo de herramientas contribuye al aprendizaje constructivista e impulsa el trabajo cooperativo, aumentando la visión espacial de nuestro alumnado. La posibilidad de utilizar internet móvil o una red Wifi permite exportar directamente los objetos capturados a partir de fotografías y elaborar un aula virtual a través de Sketchfab®, en la que se pueden compartir recursos de diferentes centros educativos, ampliando las colecciones de manera virtual y favoreciendo la ejecución de actividades colaborativas entre los mismos.

Palabras clave: Aprendizaje colaborativo, m-learning, modelación 3D, tabletas, teléfonos móviles.

Abstract *MMobile phones (smartphones) are some of the objects teachers are most afraid of in the classroom. They have acquired a bad reputation in the educational environment, usually related to distractions and waste of time. However, these devices can be used in the science classroom with a very different goal: to improve the academic performance and increase the students' motivation. We introduce the use of digital resources for conducting practical activities and the creation of a Natural Sciences virtual laboratory. Developing 3D models with the mobile application Trinio® means easily generating photorealistic models of rocks, geological structures and fossils. This type of tool contributes to constructivist learning and drives cooperative work, improving the students' spatial vision. If it is possible to use mobile internet or a Wifi network the objects captured from photographs can be directly exported, and a virtual classroom set up with Sketchfab®.*

Key words: *Collaborative learning, m-learning, 3D modelling, smart-phones, tablets.*

INTRODUCCIÓN

El acceso de la sociedad a las Nuevas Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) como internet, los dispositivos móviles (*Smart-phones*) y las tabletas justifica la entrada en el aula de una nueva concepción de recursos basados en la interacción del alumnado con el medio que le rodea. Sin embargo, el uso de estas tecnologías por sí solas no implica una

mejora de la calidad formativa si no van acompañadas de un uso que permita contribuir al aprendizaje directo, como sugieren Garay y Gutiérrez (2003). El uso de los móviles supone la búsqueda rápida de información más que almacenamiento o transformación (Traxler, 2009). Actualmente, el hecho de que este tipo de dispositivos tengan un uso educativo secundario por detrás de su diseño recreativo, de venta o de su uso corporativo, así como la insuficiente

formación del profesorado en el manejo de nuevas tecnologías, del escaso tiempo destinado a la elaboración de recursos tecnológicos y de los problemas económicos de los centros, dificulta la implantación de este tipo de herramientas educativas (Fernández-Carrera *et al.*, 2007). Estudios recientes analizan el uso de estas tecnologías sugiriendo cómo pueden facilitar la educación personalizada, atendiendo a la diversidad, la diferencia y la singularidad de cada estudiante a la hora de desarrollar el aprendizaje. Estos trabajos ponen de manifiesto la contribución de estas tecnologías para aumentar el interés por las ciencias, proporcionando habilidades y actitudes hacia el método científico, además de fomentar la construcción social del aprendizaje, la adquisición de conocimientos y el aumento de la motivación (Mendoza *et al.*, 2004; Traxler, 2009; Brandi-Fernández, 2011).

En este sentido, los ordenadores han permitido un gran avance para la creación de recursos pedagógicos que puedan ser utilizados de forma global en el aula o autónoma en casa, flexibilizando el tiempo y el espacio en el que se desarrolla la acción educativa (Oliver y López-Naval, 1997; Martínez y Prendes, 2004; Ibáñez, 2008; Martín, 2010; Aulinas *et al.*, 2015). Entre los principales recursos informáticos, los libros digitales (pdf-enriquecidos, pdf 3D), páginas web, realidad aumentada, foros, Webquests, vídeos, y otras herramientas didácticas son los más utilizados en las Ciencias de la Tierra para trabajar sobre aspectos de teoría o realizar visitas virtuales de escenarios reales (Oliver y López-Nadal, 1997; Pardo, 2001; Moya-Palomares *et al.*, 2006; Maroto *et al.*, 2008; Brandi-Fernández, 2011). Además, en los últi-

mos años se han desarrollado plataformas y aplicaciones enfocadas al aprendizaje de las ciencias desde un punto de vista constructivista, permitiendo el desarrollo de las capacidades cognitivas del alumnado y donde el profesor o tutor es un mero orientador de la actividad. Así han surgido en la última década espacios como Moodle o aplicaciones informáticas para el estudio de procesos geológicos aplicados a distintos niveles educativos (Pinto *et al.*, 1998; Verd *et al.*, 2006; Aznar-Costa, 2010). Sin embargo, el rápido desarrollo de tecnologías específicas para móviles y tabletas ha generado un nuevo paradigma educativo (*m-learning*; Laurois, 2005), que ha suscitado la necesidad de su incorporación con fines didácticos en el aula (Mellar y Kambouri, 2004; Scornavacca *et al.*, 2009; Pozgaj y Vuksic, 2013).

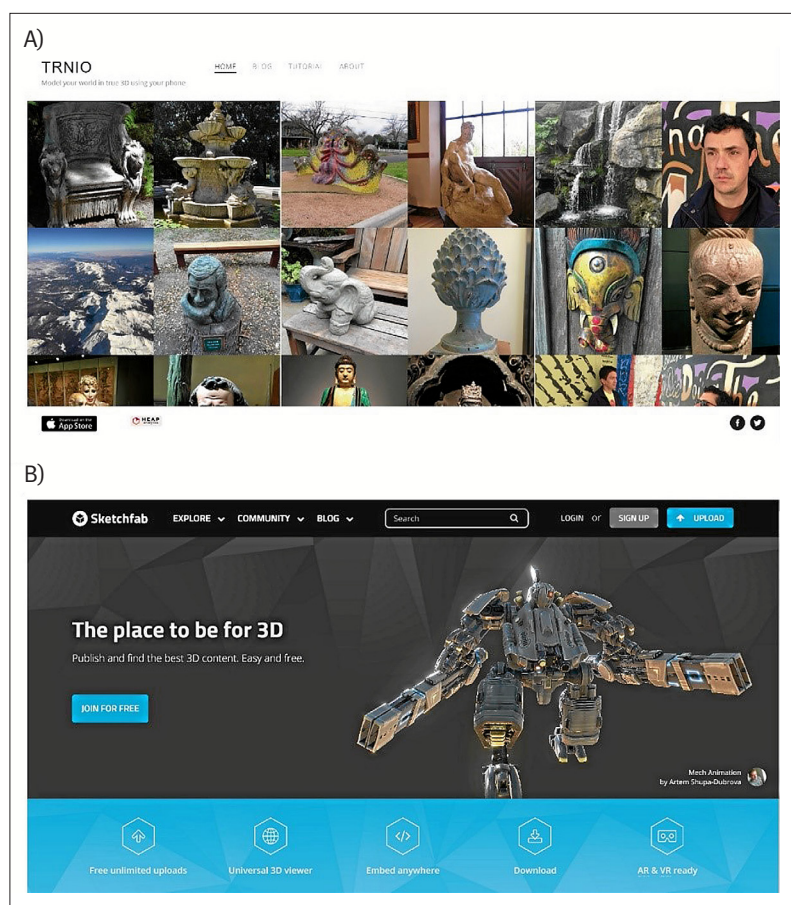
En este trabajo presentamos el uso de los teléfonos móviles con fines didácticos. El objetivo es: i) impulsar el uso del teléfono móvil y las tabletas en el aula como herramientas para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales; ii) la creación de un entorno 3D que permita elaborar y evaluar el trabajo práctico basado en el reconocimiento visual de minerales, rocas, fósiles y estructuras; iii) elaborar un laboratorio virtual que permita la interacción del alumnado y el aprendizaje colaborativo. Proponemos para ello el uso de **Trnio**® (desarrollada hoy en día para plataformas Apple® pero en construcción para otras plataformas comunes, Android® y Windows®, aunque existen otros programas equivalentes para estas últimas plataformas como 123D Catch® que pueden ser usadas de manera similar), una herramienta 3D que permite la elaboración de prácticas con muestras geológicas variadas (Fig.1a). Además, tiene la ventaja de que puede utilizarse en combinación con otros recursos TIC de internet como **Sketchfab**® (conectada con la anterior), que permite la creación de un laboratorio virtual (Fig.1b) ya sea privado o compartido. Este tipo de aplicaciones acercan al alumnado a las nuevas tecnologías y sirven para desarrollar el aprendizaje grupal dirigido, facilitando la creación de estrategias de enseñanza-aprendizaje en el aula además de favorecer aspectos colaborativos entre diversos grupos y/o centros educativos. Estos recursos pueden ser de gran interés para la elaboración de material de repaso, implicando al alumnado en su propio aprendizaje y para el seguimiento y tutorización de prácticas en la educación a distancia (e-learning). Esto supone que los teléfonos móviles son considerados ahora no sólo como vehículos para el aprendizaje, sino también como un elemento de cambio a gran escala a nivel social, como ponen de manifiesto los trabajos realizados en países subdesarrollados donde el acceso a esta tecnología, a diferencia de otras, es más restringido (Traxler y Dearden, 2005).

EL MÓVIL COMO RECURSO DIDÁCTICO EN LAS CLASES DE CIENCIAS

La aplicación de dispositivos móviles en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las ciencias naturales, permite a los alumnos obtener información fuera del aula dónde, cómo y cuándo quieran, agilizando el envío de los datos de forma

Fig. 1. A. La aplicación móvil Trnio® es gratuita y se puede realizar la descarga a través de la página web www.Trnio.com.

B. Sketchfab es una aplicación web que permite la visualización y carga de datos, incluidos modelos en 3D, desde internet y tiene un visor para su uso en plataformas móviles www.sketchfab.com.



directa a la web, desde donde puede ser editada posteriormente con un ordenador o tableta. La combinación de ambas tecnologías supone la posibilidad de hacer del mundo que rodea a nuestros estudiantes un aula dinámica donde experimentar y capturar información real. Esta puede ser procesada, almacenada y posteriormente transformada en conocimiento. Esto supone un avance para el estudio y acercamiento de los alumnos al método científico, especialmente en el campo de las ciencias de la Tierra, ya que les hace pensar en el objeto de realizar la captura de información y en su procesado: bien sea para elaborar un modelo o para visualizar mejor una estructura geológica, a partir de la cual se pueden desarrollar diferentes temas, como el origen del vulcanismo, la formación de pliegues, etc. La posibilidad de compartir en tiempo real dicha información con el profesor o los compañeros abre un mundo de posibilidades para su aprendizaje, que puede ser tutorizado sin necesidad de que el educador esté presente durante la captura de información. De este modo se pueden realizar visitas a museos, parques geológicos o rutas de campo, donde se puede, además, aplicar el uso de GPS y mapas como actividad de prácticas, recoger muestras virtuales y elaborar la información para ser discutida y evaluada posteriormente.

Los teléfonos móviles permiten el acceso a la información y el contenido en cualquier lugar y en cualquier momento. Estas tecnologías han sido utilizadas para mejorar la eficiencia y productividad, proporcionando soporte y contexto para trabajar en prioridades inmediatas (Gayeski, 2002). Esto, unido al importante uso e interés que reciben, supone la necesidad de ser considerados como una herramienta para el aprendizaje en la que se puede incluir la generación de muestras geológicas virtuales. En este sentido, existe un amplio abanico de posibilidades en el ámbito educativo que ha generado una corriente dedicada a investigar y potenciar este tipo de tecnologías en el aula. Así surgió el *m-learning* (Laurois, 2005), un concepto que, a diferencia del *e-learning* (estructurado, con medios ricos, de banda ancha, interactivo, inteligente y de gran usabilidad), se basa en la capacidad de ser personal, espontáneo, oportunista, informal, omnipresente, situado, probado, consciente del contexto, medido en bits y sobretodo, portátil (Traxler, 2009). El aprendizaje basado en teléfonos móviles es omnipresente y omnisciente en muchas sociedades modernas e influye en la naturaleza del conocimiento que adquiere nuestra sociedad. Además, a diferencia de las infraestructuras digitales que en muchos casos no pueden llegar a zonas rurales, la tecnología de los móviles se ha desarrollado rápidamente creando una infraestructura capaz de llegar prácticamente a cualquier lugar, dando acceso a la información y el desarrollo.

La realidad virtual y los modelos 3D forman parte de la vida cotidiana de nuestro alumnado, acostumbrado al uso de teléfonos móviles, tabletas y marcos digitales como herramientas para la comunicación, pero que pueden realizar multitud de funciones educativas con carácter responsable para impulsar actividades que faciliten el proceso de en-

señanza-aprendizaje. Con este fin han surgido desde 2002 iniciativas como el *MLearn*, impulsado por la *International Association for Mobile Learning*, una organización que promueve la excelencia en investigación, desarrollo y aplicación de los móviles y el aprendizaje contextual. Este tipo de iniciativas proporciona un marco para estimular la cooperación en el aprendizaje con estas tecnologías, favoreciendo la diseminación de información y los recursos para la educación y las tecnologías emergentes. Aunque el uso de los dispositivos móviles está todavía en desarrollo, en el modo en que se vaya creando una percepción útil y positiva que permita establecer nuevas expectativas, se podrá determinar su evolución y, por encima de todo, su futuro en nuestro sistema educativo.

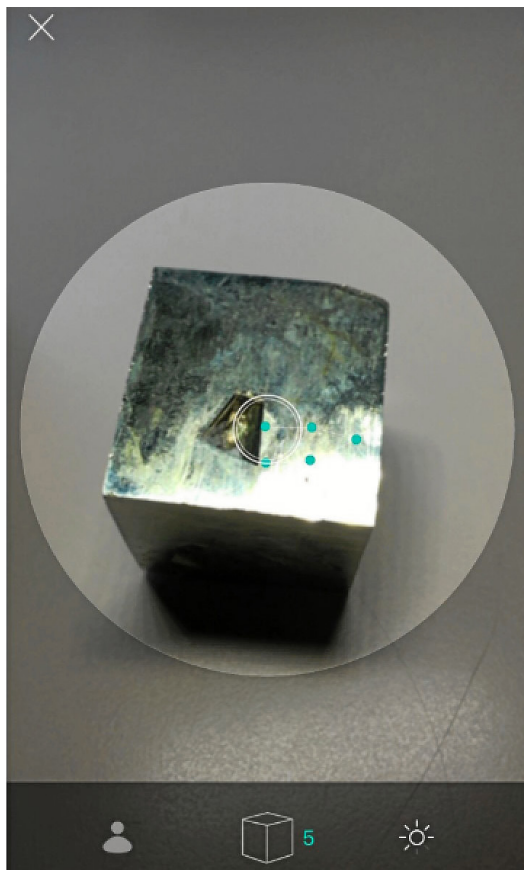
MODELOS FOTOREALÍSTICOS EN EL AULA

La elaboración de modelos facilita el acercamiento del alumnado a las ciencias a través de la experimentación, para integrar la información y procesarla de forma que pueda ser transformada en conocimiento (Mellar y Bliss, 1994; Domènech-Casal, 2014). Este tipo de modelos permite incorporar información detallada y precisa de elementos, facilitando la interacción y el trabajo en grupo. La realización de prácticas en el laboratorio de geología no requiere de costes elevados, aunque el trabajo de planificación y los materiales o incluso el espacio donde se lleven a cabo, pueden ser aspectos desfavorables para su desarrollo. Por esta razón, son numerosos los ejemplos de prácticas propuestas con herramientas digitales o analógicas, como laboratorios audiovisuales y modelos experimentales (Ogborn, 1990; Encavo y Santos, 1991; Murcia López y Crespo-Blanc, 2008; Fernández-Lozano *et al.*, 2009; Román Berdiel y Santolaria Otín, 2012) que permiten elaborar ejercicios para el aprendizaje del alumnado.

En los últimos años han comenzado a introducirse los modelos 3D, la realidad aumentada y lo que se conoce como *Secondlife* dentro de los nuevos entornos virtuales de aprendizaje (Mintz *et al.*, 2001; Dickey, 2005; Campazzo *et al.*, 2010). Así, han surgido toda una gama de recursos y actividades que buscan aumentar la accesibilidad a materiales didácticos, potenciar el trabajo colaborativo, motivar al alumnado evitando las tasas de abandono de los estudios y mejorar el rendimiento académico.

Dentro de esta nueva gama de recursos tridimensionales destacan los modelos fotorealísticos, una representación 3D real de objetos de nuestro entorno cotidiano. Al tratarse de objetos cercanos al alumnado, su interacción con los mismos se hace más sencilla y utilitaria, por lo que introducirlos en este tipo de modelización resulta una actividad estimulante y atractiva para los estudiantes. Su uso en el aula estimula y potencia dos estilos de aprendizajes como sugiere Huk (2006): aquellos alumnos con buena orientación espacial se benefician al aumentar su capacidad cognitiva para la construcción mental de objetos tridimensionales; mientras que aquellos alumnos con menor capacidad de orientación espacial son capaces de beneficiarse del uso de re-

Fig. 2. Imagen capturada de la pantalla de escaneado de un mineral con la aplicación móvil Trnio®. Los puntos verdes en la imagen muestran el lugar desde donde han sido tomadas las fotografías realizadas alrededor del objeto (5), en este caso un cubo de pirita.



presentaciones gráficas explícitas que les permiten visualizar en tres dimensiones. Además, este tipo de entornos virtuales representan una poderosa herramienta de aprendizaje que facilita la construcción mental del espacio tridimensional desde distintas perspectivas.

Estas son algunas de las razones que hacen de los modelos fotorealísticos una de las herramientas con mayor proyección de futuro entre nuestro alumnado para la representación tridimensional de objetos en el aula de ciencias naturales. Su uso puede incorporarse a prácticas, modelos de evaluación o como modelos de repaso para afianzar conocimientos.

AULA 3.0: TRNIO Y SKETCHFAB

La aplicación Trnio® (<http://www.trnio.com/>, o alternativamente 123D Catch®, <http://www.123dapp.com/catch>) permite modelar objetos 3D utilizando el teléfono móvil. Esta herramienta funciona con la captura de imágenes desde distintos ángulos, lo que permite la identificación de los distintos píxeles que configuran cada una de las imágenes. Este método está basado en las técnicas de reconstrucción fotogramétrica conocidas como “Structure from Motion (SfM)” (Westboy *et al.*, 2012) (Fig.2). A partir de unos potentes algoritmos la aplicación reconstruye tridimensionalmente la nube de puntos obtenidos por correlación de píxeles entre las distintas imágenes. Por esta razón, es de vital importancia que los objetos sean fotografiados manteniendo la misma distancia desde diferentes ángulos y manteniendo el teléfono lo más ortogonal posible. Para obtener resultados óptimos es necesario que las superficies sean lo más lisas posible, evitando ángulos muertos y sombras, así como evitar objetos transparentes, brillantes, delgados y fibrosos.

Una vez realizada la toma de imágenes comenzará el procesamiento en cola desde el servidor de la aplicación de forma automática. La velocidad de procesamiento dependerá de la calidad de la red de internet móvil o Wifi. Una vez obtenido el modelo, éste puede visualizarse y guardarse con diferentes resoluciones en la página web de Trnio® (Fig. 3). Los modelos pueden exportarse también a través del correo electrónico como un archivo comprimido o a través de la aplicación web Sketchfab®. En ambas aplicaciones será necesario registrarse previamente para poder llevar a cabo su descarga. Si se selecciona esta última opción se puede realizar una carpeta virtual donde se incluirán los modelos. Estos a su vez pueden contener texto explicativo (Fig.4).

Ejemplos de los modelos elaborados en este estudio están disponibles en el visor mencionado. Este visor puede ser embebido en páginas web particulares o corporativas y en otros formatos digitales a través de los enlaces que facilita la aplicación. Los ejemplos que se muestran en este trabajo se pue-

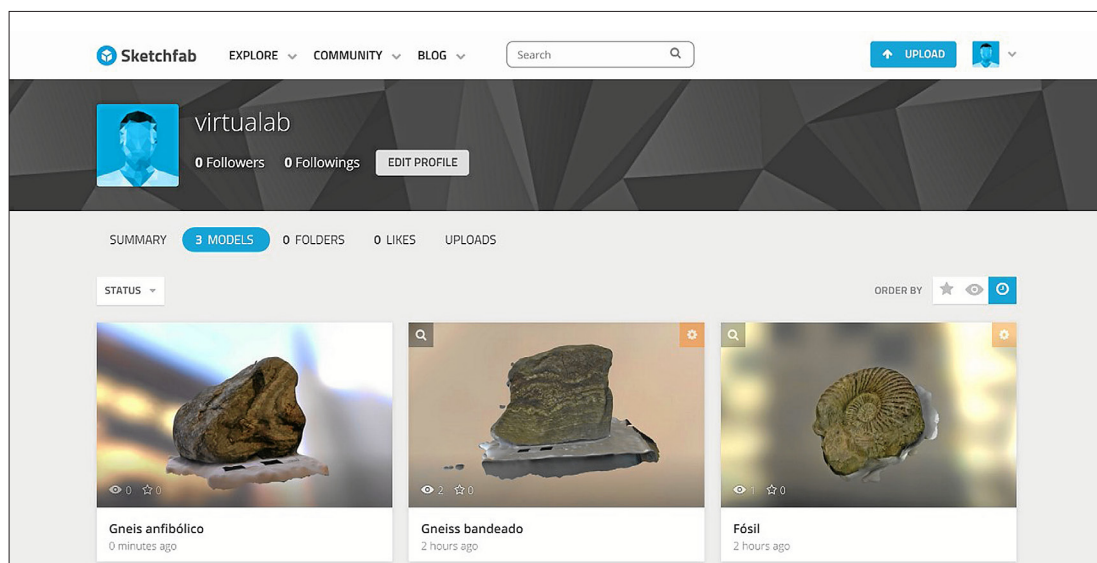


Fig.3. Carpeta con los modelos 3D en Sketchfab®, desde la que se puede acceder al visor virtual. Este tipo de aplicaciones puede utilizarse como laboratorio virtual de prácticas para los alumnos.

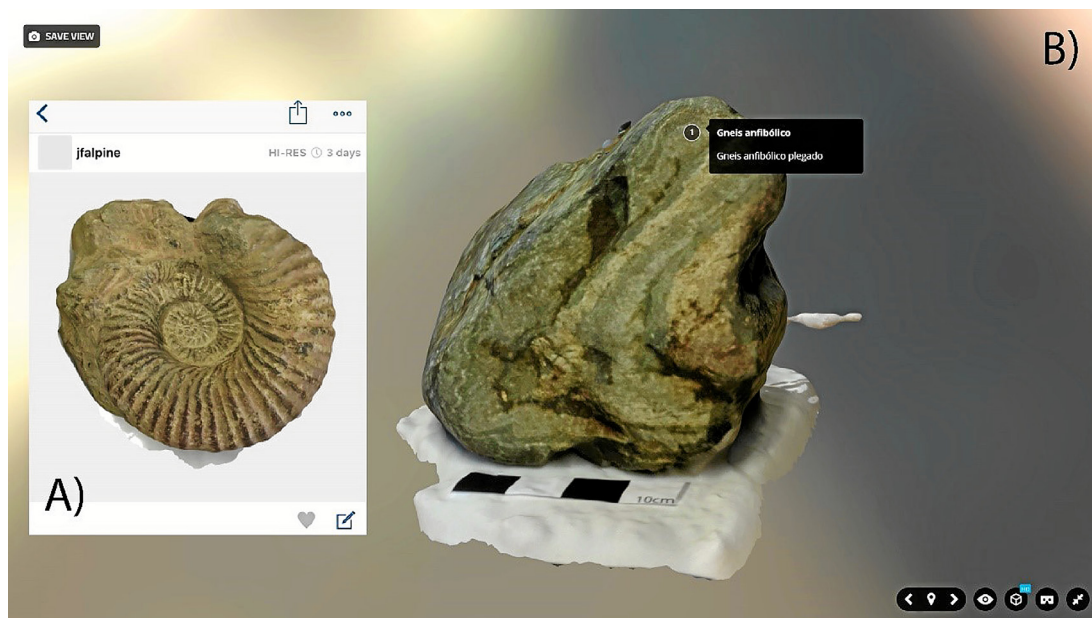


Fig. 4. Modelos fotorealísticos. A. Fósil de amonites *Prochelinoceras* sp. (Cretácico inferior de Marruecos) en la plataforma de virtual de la aplicación Trnio® y B. Modelo de pliegue afectando a un gneis anfíbólico de la playa de San Antonio (Espasante, A Coruña) desde la pantalla de visualización de Sketchfab®, que permite a su vez introducir pequeñas descripciones de los objetos. En ambos casos la imagen 3D se puede rotar 360° en cualquier dirección, facilitando la visualización e interacción con el objeto.

den visualizar directamente a través del ordenador o del móvil en los siguientes enlaces:

- Pliegue: <https://skfb.ly/LJWE>
- Roca: <https://skfb.ly/LJRN>
- Fósil: <https://skfb.ly/LJRH>

De esta forma podemos tener nuestros modelos de rocas, fósiles, minerales o estructuras geológicas, realizados por el profesorado o por los propios alumnos para que sirvan como un laboratorio virtual enfocado al aprendizaje de las ciencias naturales usado en el centro educativo o compartido con otros centros de manera interactiva. Gracias a la posibilidad de captura de multitud de elementos geológicos puede ser utilizado para la elaboración de guías y trabajos de campo de nuestro alumnado, ya que ellos mismos pueden realizar los modelos 3D de forma rápida y autónoma.

CONCLUSIONES

Hoy más que nunca vivimos en un mundo globalizado a través de las telecomunicaciones, donde los profesores nos enfrentamos al paradigma de la inmersión en las nuevas tecnologías dentro del aula. La dificultad para asimilar los rápidos avances producidos en el desarrollo de nuevas herramientas digitales y su uso por parte de los educadores, junto a la falta de medios con los que cuentan los centros para acceder a estos recursos, hace que la incorporación de este tipo de aplicaciones en la escuela sea lenta y complicada. En la actualidad, el acceso a dispositivos móviles y tabletas por parte de nuestro alumnado ha forzado la necesidad de analizar y proporcionar los medios para establecer un uso responsable y didáctico de estas tecnologías. La posibilidad de utilizar aplicaciones para móvil, gratuitas y con fines educativos, en el área de la geología y las ciencias de la Tierra, en general, permite el acceso al mundo digital 3D. Esta es sin duda una buena oportunidad para combinar ciencia y tecnología como un recurso estratégico dentro del modelo constructi-

vista de enseñanza-aprendizaje, estableciendo un aprendizaje colaborativo en el aula. La sencilla elaboración de modelos digitales fotorealísticos facilita la adquisición de conocimientos y motiva al alumnado a continuar aprendiendo. Además, la posibilidad de recrear escenarios didácticos permite la creación de prácticas virtuales de geología y el aprendizaje desde plataformas *e-learning*.

BIBLIOGRAFÍA

- Aulinas-Juncà, M., Rodríguez-González, A., & Guàrdia, L. P. (2015). Los volcanes en la red (www): la enciclopedia del siglo XXI. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 23(1), 107.
- Aznar-Acosta, J., (2010). Moodle en la enseñanza de la Geología: iniciación práctica al manejo de una plataforma Moodle. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 18(2), 174-181.
- Brandi-Fernández, A., (2011). Las TIC en el aula de ciencias de la naturaleza, para qué y cómo. *Investigación didáctica para las aulas del siglo XXI*, 31-39.
- Campazzo, E. N., Agüero, A. L., Guzmán, A. E. y Martínez, M., (2010). *Mundos Virtuales 3D como nuevo paradigma en E-learning*. En: XVI Congreso Argentino de Ciencias de la Computación, 1-10.
- Dickey, M.D., (2005). Three-dimensional virtual worlds and distance learning: two case studies of Active Worlds as a medium for distance education. *British Journal of Educational Technology*, 36(3), 439-451.
- Domènech-Casal, J., (2014). Una secuencia didáctica de modelización, indagación y creación del conocimiento científico en torno a la deriva continental y la tectónica de placas. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 12(1), pp. 186.
- Encabo, M.J.C., y Santos, J.J.G., (1994). Modelo a escala reducida del funcionamiento de acuíferos. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 2(1), 272-277.
- Fernández-Carrera, M.T.F., Belled, M.V.H., Muñoz, M.A.A., y Montesinos, X.G. (2007). Experiencia del uso de las TIC en el aula en biología y geología de 3º ESO. In TIC@ aula 2007 [Recurso electrónico]: aula digital (p. 27). Servicio de Publicaciones.

- Fernández-Lozano, J., De Vicente, G., Sokoutis, D., Willingshofer, E., y Cloetingh, S. (2009). De los Pirineos al Atlas: topografía y modelación análoga. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 17(1), 86-92.
- Garay, G.G., y Gutiérrez, A.C. (2003). Integración de las TIC en la educación superior. *Pixel-Bit: Revista de medios y educación*, (21), 21-28.
- Gayeski, D. (2002). *Learning Unplugged: Using Mobile Technologies for Organizational Training and Performance Improvement*. American Management Association, 1601 Broadway New York, NY 10019.
- Huk, T., (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
- Ibáñez, J.S., (2008). *Innovación educativa y uso de las TIC*. Universidad Internacional de Andalucía. 147pp.
- Kukulska-Hulme, A., y Traxler, J., (2005). *Mobile teaching and learning*. En: H. Kukulska y J. Traxler, *Mobile learning: A handbook for educators and trainers*. Psychology Press. 25-44.
- Lacreu, H.L., (2012). Recursos virtuales para la interpretación geológica del paisaje. *Enseñanza de las ciencias de la tierra*. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20(2), 198-203.
- Laouris, Y., (2005). We need an Educationally Relevant Definition of Mobile Learning. [en línea] Disponible en: <http://www.mlearn.org.za/papers-full.html> [consulta 2016, 17 de febrero]
- Martín, M., (2010). Cuando los ordenadores son una herramienta más. *Cuadernos de pedagogía*, (397), 32-34.
- Martínez, F., y Prendes, M.P. (2004). *Nuevas tecnologías y educación*. Madrid España: Editorial.
- Maroto, R., Morcillo, J.G. y Villacorta J.A. (2008). Prácticas de campo y TIC: una webquest como actividad preparatoria de un itinerario en La Pedriza (Madrid). *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(16.2), 178-184.
- Mellar, H., y Bliss, J. (1994). *Introduction: modelling and education*. Mellor, H., Bliss, J., Boohan, R., Ogborn, J., y Tompsett, Ch. (Eds). En: *Learning With Artificial Worlds: Computer Based Modelling In The Curriculum*. Routledge, London. 256pp.
- Mellar, H. y Kambouri, M. (2004). WebQuests, m-learning and CyberLabs. *Reflect - the Magazine of the NRDC*, Issue 1. 23-25 pp.
- Mendoza Rodríguez, J., Milachay-Vicente, Y., Martínez Sebastián, B., Cano-Villalba, M. y Gras-Martí, A. (2004). Uso de las TIC (tecnologías de la información y de la comunicación) en la formación inicial y permanente del profesorado. *Revista de Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales Educación*, 18, 121-150.
- Mintz, R., Litvak, S., y Yair, Y. (2001). 3D-virtual reality in science education: An implication for astronomy teaching. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching*, 20(3), 293-305.
- Moya-Palomares, M. E., Centeno Carrillo, J. D. D., y Acaso, E. (2006). Itinerario virtual por el Macizo de Peñalara, un método complementario a las salidas de campo. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 13(3), 329-333.
- Murcia López, M.I., y Crespo-Blanc, A. (2008). La formación de océanos y cadenas montañosas a partir de modelos analógicos: maquetas y nuevos materiales. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 16(2), 173-177.
- Ogborn, J., (1990). A future for modelling in science education. *Journal of Computer Assisted Learning*, 6(2), 103-112.
- Oliver, C. y López-Naval, M. (1997). Ordenador como herramienta auxiliar en el laboratorio de Geología en Educación Secundaria. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 5(2), 159-164.
- Pardo, M.V. (2001). Nuevas herramientas de comunicación electrónica en la enseñanza presencial: el Aula Virtual de Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 9(1), 28-35.
- Pinto, V., Cisteró, X. F., y Ponsatí, A.C. (1998). Utilización de diferentes herramientas software para la enseñanza de la Geología Ambiental. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 6(3), 264-269.
- Pozgaj, Z., y Vuksic, V.B. (2013). *Mobile phone in the classroom*. In *Information & Communication Technology Electronics & Microelectronics (MIPRO)*, 2013 36th International Convention on (pp. 732-736). IEEE.
- Román-Berdiel, T., y Santolaria Otín, P. (2012). Cómo reproducir diapiros en el aula. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20 (3), 262-269.
- Scornavacca, E., Huff, S., y Marshall, S. (2009). *Mobile phones in the classroom: if you can't beat them, join them*. *Communications of the ACM*, 52(4), 142-146.
- Traxler, J., (2009). *Current state of mobile learning*. En: M. Ally, *Mobile learning, Transforming the Delivery of Education and Training*, AU Press, Athabasca University, 9-21.
- Traxler, J., y Dearden, P. (2005). *The potential for using SMS to support learning and organisation in sub-Saharan Africa*. En M. Keynes, *Proceedings of Development Studies Association Conference*. 1-10.
- Verd-Crespí, J.V., González, M., y Barreno, J.V. (2006). Moodle, una nueva herramienta para la enseñanza de la Geología. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14(14.1), 54-61.
- Westoby, M.J., Brasington, J., Glasser, N.F., Hambrey, M.J., y Reynolds, J.M. (2012). 'Structure-from-Motion' photogrammetry: A low-cost, effective tool for geoscience applications. *Geomorphology*, 179, 300-314.
- Zhu, Q., Wang, T., y Jia, Y. (2007). *Second Life: A new platform for education*. En *Information Technologies and Applications in Education*, 2007. ISITAE'07. First IEEE International Symposium on (pp. 201-204). IEEE. ■

Este artículo fue recibido el día 11 de marzo de 2016 y aceptado definitivamente para su publicación el 18 de abril de 2016.