

Innovación en contenidos virtuales vía tecnologías digitales: Modelos Geológicos 3D y Salidas de campo virtuales en asignaturas de Ciencias de la Tierra.

María Josefa Herrero Fernández ¹, Alvarez Gómez, J, A.²; La Horra Del Barco, R.²; Escavy, Fernández, J. I.³; Fregenal Martínez, M. A.²; Galindo Aires, R.³; Insua Arévalo, J. M.²; Jiménez Molina, D.²; López Acevedo, F. J.¹; Martínez Díaz, J.²; Menéndez-Pidal De Navascues, I.³; Morellón Marteles. M.²; Pérez Fortes, P.⁴; Sánchez Moya, Y.²; Sopeña Ortega, A.²; Trigos Luque, L.³; Sanz De Ojeda, J.³; Sanz Pérez, E.³; Varas Muriel, M. J.¹.

Resumen: En las circunstancias excepcionales que hemos vivido las tecnologías digitales (TICs) han sido críticas para nuestra vida personal y de enseñanza universitaria. Se ha elaborado material virtual para asignaturas de CC. de la Tierra (CC. Geológicas (UCM) y ETSI Caminos Canales y Puertos (UPM)). Las imágenes han sido obtenidas con un dron (RPAS) y otros medios audiovisuales para realizar prácticas de campo virtuales mediante nuevas tecnologías. También se han desarrollado modelos 3D de entornos y materiales geológicos. Las TICs se han utilizado como métodos de adquisición y elaboración de datos como para presentación y uso de la información y comunicación. La RV proporciona un aprendizaje indirecto pero favorece una inmersión en una zona de campo y permite preparar o completar la formación. Aunque no se pueda interactuar directamente con un afloramiento, en la RV el observador elige que ver o donde ir y así crear su propia experiencia.

Palabras clave: Salidas de campo virtuales (SCV); Modelos 3D geológicos; Ciencias de la Tierra; Realidad virtual (RV).

1. Salidas de campo en Ciencias de la Tierra

El trabajo de campo es un aspecto fundamental de la investigación y la actividad de las Ciencias de la Tierra. Consiste en la observación, descripción y cartografía de los elementos geológicos y las relaciones de unidades rocosas y accidentes geográficos en el lugar donde se producen. Este trabajo generalmente se hace para recopilar datos que sirven para resolver problemas geológicos, geomorfológicos, ambientales, o para localizar recursos minerales, hídricos o energéticos. De esta forma se puede concluir que la formación para la adquisición de destrezas de observación y captación de información de información geológica y los métodos de trabajo de campo mediante salidas de campo o excursiones son un componente importante de la formación de los estudiantes en Grados relacionados con CC. de la Tierra. Esta necesidad es reconocida en todo el mundo y, en consecuencia, las salidas de campo han formado tradicionalmente un parte importante de estos planes de estudio.

1.1. Salidas de campo virtuales y Modelos 3D de materiales geológicos

Entonces, ¿qué es una salida de campo virtual (SCV) y cómo se usa en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra? En la página web <https://www.ucm.es/salidas-de-campo-virtuales> se han incluido salidas de campo virtuales (SCV) realizadas por profesores de

¹ Depto. Mineralogía y Petrología, Fac. CC. Geológicas. Email: mjherrer@ucm.es ORCID: 0000-0002-9434-1628

2: Dpto. Geodinámica, Estratigrafía y Paleontología, Fac. CC Geológicas, UCM

3: Dpto. ingeniería y Morfología del Terreno, ETSI Caminos, Canales y Puertos, UPM.

4: Dpto. ingeniería de transporte, urbanismo y del Territorio, ETSI Caminos, Canales y Puertos, UPM.

la Facultad de CC. Geológicas de la UCM y profesores de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos de la UPM (Fig. 1). Estas SCV son parte de la carga docente de asignaturas de cursos de primer a cuarto año de Grados relacionados con Ciencias de la Tierra, de asignaturas tanto especializadas como de geología regional. Cada salida de campo tiene objetivos de aprendizaje explícitos y puede contener un glosario, imágenes, videos, cuestionarios, etc. Todos estos elementos están prácticamente conectados de una forma lógica mediante vínculos y actividades específicas para cada asignatura. Los estudiantes aprenden a su propio ritmo y son capaces de practicar, en el sentido virtual, una variedad habilidades de observación durante su salida de campo virtual.



Figura 1. Página web donde se incluye el material generado en 7 Proyectos de Innovación Educativa UCM (ver referencias en la bibliografía). Fuente: elaboración propia.

Los diseños de las salidas son diversos: salidas como la de Renales que se ha incluido en un SIG (Herrero et al. 2015; 2016), con recorridos en los cuales se incluyen puntos de interés, fotografías y explicaciones de cada punto así como material en pdf de información añadida. Estas salidas y sus puntos de interés están georreferenciados, de manera que el alumno puede alcanzar el punto concreto donde el profesor daría la explicación. Otro tipo de salida de campo virtual es la de Alcorlo, en la que se he incluido un video basado en un Power Point donde el profesor muestra el recorrido virtual por medio de diapositivas y explicación escrita y de voz (Sánchez Moya et al. 2020). La salida de campo de Pálmaces de Jadraque se ha realizado también con un vídeo grabado a partir de un vuelo de dron (Herrero et al. 2021), lo que permite una perspectiva diferente así como accesibilidad a puntos donde no podría llegarse de otra manera. Con el dron también se han capturado imágenes para realizar modelos de afloramiento en 3D (Herrero et al. 2017; 2018; 2019). La utilización de los vuelos de dron es fácil, rápida y barata, en resumen, eficiente. Estos modelos 3D realizados mediante fotogrametría se han incluido dentro de una plataforma de visualización de modelos 3D (<https://www.ucm.es/salidas-de-campo-virtuales/afloramientos3d>), a la cual pueden acceder los alumnos desde cualquier dispositivo móvil (ordenador, Tablet o teléfono móvil). Otro modelo de salida de campo virtual se ha desarrollado mediante el uso de una cámara 360° (San Agustín de Guadalix). Estos recorridos de Realidad virtual permiten una mayor inmersión de las personas, y resultan en contenidos en los cuales se pueden incluir modelos 3D de material geológico o cualquier otro tipo de información.

En la misma página web del proyecto se han incluido modelos 3D de muestras de mano (Fig. 2) de rocas (Herrero et al. 2021), realizadas también mediante técnicas fotogramétricas. Los modelos 3D de materiales relacionados con Ciencias de la Tierra se utilizan actualmente en trabajos de paleontología (Falkingham 2012), donde la principal fuente de datos tridimensionales se obtiene por tomografía computerizada (TC), y se utiliza para evaluar la anatomía de ejemplares fósiles (Wilhite 2003). Nosotros hemos utilizado esta técnica para elaborar modelos de rocas. Estos modelos se pueden agrandar, alejar, girar y se pueden visualizar por medio de gafas de realidad virtual, lo que hace que la inmersión y la sensación de proximidad sean mayores.



Figura 2. Imagen de modelo 3D de roca de la colección de alumnos de la asignatura de Petrología Sedimentaria I del Grado en CC. Geológicas. Fuente: elaboración propia.

Cada salida de campo tiene objetivos de aprendizaje relacionados con determinadas asignaturas aunque pueden ser utilizados para diversas temáticas. Los estudiantes aprenden a su propio ritmo y son capaces de practicar una serie de habilidades necesarias para el trabajo de campo. Por lo tanto, una salida de campo virtual típica para uso en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra se compone de un conjunto de elementos, como instrucciones, imágenes y textos adjuntos, videos, glosario e ilustraciones, cuestionarios, etc. Todos estos elementos están prácticamente conectados de una forma lógica mediante vínculos e intelectualmente mediante actividades específicas como tareas.

Las SCV y los modelos 3D de materiales geológicos realizados se basan en tecnologías informáticas (TICs) y en el uso de internet. En un sentido más estricto, se podría decir que las salidas de campo virtuales se realizan mediante la utilización de dispositivos electrónicos para la observación de datos geológicos y para realizar simulaciones o modelos 3D de afloramientos o materiales geológicos. En realidad es una actividad realizada en un ordenador en el que un usuario navega, enlace a enlace, clic a clic, a través de un conjunto de páginas web vinculadas para adquirir información sobre un sitio o una zona específica de campo.

Los modelos 3D y los recorridos virtuales nos permiten entender la información de una forma más relevante y contextual que aumenta nuestra interacción con el conocimiento a través de herramientas que todos tenemos a mano como los móviles. La realidad virtual nos permite ver materiales de interés geológico en un entorno inmersivo: aprendizaje/enseñanza de prácticas de campo autónomo a través de tecnologías “online” con la posibilidad de que los alumnos realicen prácticas de campo de forma autónoma, guiados por la información resultante del proyecto. La realización de las salidas de campo de forma virtual permite además el acceso a esta información a personas con dificultad de acceso o discapacidad auditiva (o de otro tipo) mediante dispositivos móviles. Las

salidas, que se han traducido al inglés, permiten además el acceso a las mismas a personas de otras lenguas.

2. Ventajas y desventajas de las Salidas de Campo Virtuales

En el uso de las salidas de campo virtuales y de modelos 3D de materiales geológicos se han detectado ventajas y desventajas para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra (Hurst 1998; Shroder et al. 2002).

Las salidas de campo virtuales abundan con diferentes configuraciones y contienen una gran variedad de contenido. Pueden constituir un recurso valioso para el aprendizaje y enseñanza de metodologías de campo. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, si bien los estudiantes disfrutan de las SCV, no quieren que los viajes de campo reales sean reemplazados (Spicer y Stratford 2001). Las salidas de campo reales proporcionan una experiencia completa en cuanto al aprendizaje sensorial, que además se incrementa al encontrarse dentro del contexto de la zona estudiada. Si se examina una roca, esta se toca, se sopesa, se golpea con un martillo para ver su dureza, se ve su composición. Las SCV carecen de estas habilidades de campo que se adquieren en las salidas de campo reales (Shroder et al. 2002). En el campo la persona se enfrenta a determinadas dificultades, como que haya agua en determinadas épocas del año, que haya habido cambios en el paisaje debido a derrumbes, caminos que no se encuentran donde se esperaba o caminos que ya no existen, etc. La toma de decisiones de resolución de estos problemas es un aprendizaje muy importante que debe tener un geólogo de campo, y que en las SCV o los modelos 3D no se pueden abarcar, aunque puedan hacerse aproximaciones. El material visitado desde un ordenador es una abstracción y no tiene el mismo impacto.

Las SCV pueden diseñarse para ser interactivas, pero "hay una interacción limitada de dar y recibir con un ordenador de la interacción entre el director del viaje de campo y los participantes" (Hurst 1998). Además, la realización de salidas de campo virtuales carece de la capacidad de sorprender con el descubrimiento de nuevas características o aprendizajes que sí se obtiene en las salidas reales. El trabajo de campo real consiste en desafíos, trampas y recompensas. No hay lugar para momentos inesperados o sorpresas.

Sin embargo, las salidas de campo virtuales también presentan ventajas. En la actualidad, la realización de una salida de campo para la elaboración de un estudio geológico se realiza mediante visitas reales al campo, pero estas se hacen después de haber analizado y una elaborado mapas, fotografías, cartografías realizadas a partir de la combinación de tecnología GPS y GIS en ordenadores portátiles. Este análisis se realiza de manera previa pero se traslada al campo, y la adquisición de información puede realizarse desde ordenadores en el mismo campo, con la adquisición de información en zonas con acceso a datos desde dispositivos móviles gracias a internet (Steinberg et al. 2002). Estos mismos datos móviles sirven para poder utilizar las SCV como guías en el campo para la realización directa de las salidas, de forma que el alumno o cualquier persona pueden realizar la salida con la guía del profesor en cualquier momento y cuantas veces quiera. Esto permite la difusión del conocimiento científico y la formación y transferencia del conocimiento a un gran número de personas, tanto a público especializado como al público general. El uso de estas salidas también se puede dar tanto como material especializado o como material de divulgación a la sociedad. Esto significa que la implementación de esta tecnología será de gran ayuda tanto para la investigación como para educación en Ciencias de la Tierra y su divulgación, y de esta forma el trabajo de campo y las excursiones en el mundo real no solo no son reemplazadas sino que se

promueve su realización por cualquier persona con acceso usando a las SCV como material de apoyo.

3. Valoración del material docente desarrollado y efectividad

Para evaluar la idoneidad y la aceptación del material docente por parte de los alumnos se ha realizado una encuesta de 7 preguntas con Google formularios. Las preguntas se valoraban con un rango de puntuación de 1 a 5, siendo el valor 1 el de peor puntuación y el valor 5 el de mayor (Fig. 3). Las preguntas realizadas son:

1. Piensas que la salida de campo virtual te ha ayudado en la comprensión de la salida de campo de la asignatura.
2. Ha contribuido a afianzar conocimientos.
3. El material te ha parecido de buena calidad
4. Los modelos de roca 3D están bien elaborados.
5. La metodología docente es innovadora.
6. La navegación de la página es sencilla.
7. Recomendarías este tipo de material para otras asignaturas.
8. Se incluye una pregunta de respuesta libre para poder añadir comentarios que sean de interés.

Preguntas Respuestas 15

Encuesta material docente salidas de campo virtuales y modelos 3D de rocas

Valoración material docente Salidas de campo virtuales y modelos de roca 3D

Piensas que la salida de campo virtual te ha ayudado en la comprensión de las salida de campo de la asignatura *

Muy poco útil 1 2 3 4 5 Muy útil

Ha contribuido a afianzar conocimientos *

Muy poco útil 1 2 3 4 5 Muy útil

Figura 3. Encuesta realizada con mediante google formularios sobre la valoración del material docente incluido en la página web del proyecto. Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la encuesta son muy satisfactorios (Fig. 4). A la pregunta de si el material ayuda a comprender la salida de campo, el 63% de las respuestas han dado la máxima valoración, siendo un 22% con una valoración de 4. Hay un 15% de estudiantes que indican valoraciones menores, de un 2 o un 3, lo cual se interpreta como el comentario realizado por los alumnos en relación a que la docencia en el campo se aprende “en el campo”.

En el mismo sentido de que la enseñanza de campo debe realizarse en el campo permite interpretar los resultados de la pregunta en relación a si el material ha contribuido a afianzar conocimientos: aunque los valores máximo son de 4 (59%) y el valor 5 representa a un 26%.

Las preguntas 3 y 4, relacionadas con la calidad del material docente elaborado presentan respuestas mayoritarias de la máxima calidad, siendo la valoración de 5 en un 63% y en un 78% respectivamente.

En relación a la innovación de la metodología docente, los valores son entre 4 y 5 el 100% de las respuestas. Similar respuesta se obtiene con la pregunta sobre la idoneidad de la facilidad de moverse por la página web, donde el 90% indica que sí. El 11% que señala un valor de 2 ha indicado que se refieren a problemas de velocidad de movimiento, el cual no es algo que podamos controlar los profesores.

La pregunta 7 que se refiere a si se recomendaría el uso de esta metodología docente en otras asignaturas indica un 90% de respuesta afirmativa, siendo un 60% un valor de 5 y un 30% un valor de 4, y tan solo un 11% con un valor de 3, que también es positivo. En conjunto estas respuestas se interpretan como la buena calidad del material, el carácter innovador de la metodología aplicada y el interés del material para aumentar el aprendizaje. También se constata la gran aceptación del material y el interés por aplicarlo como metodología docente en otras asignaturas.

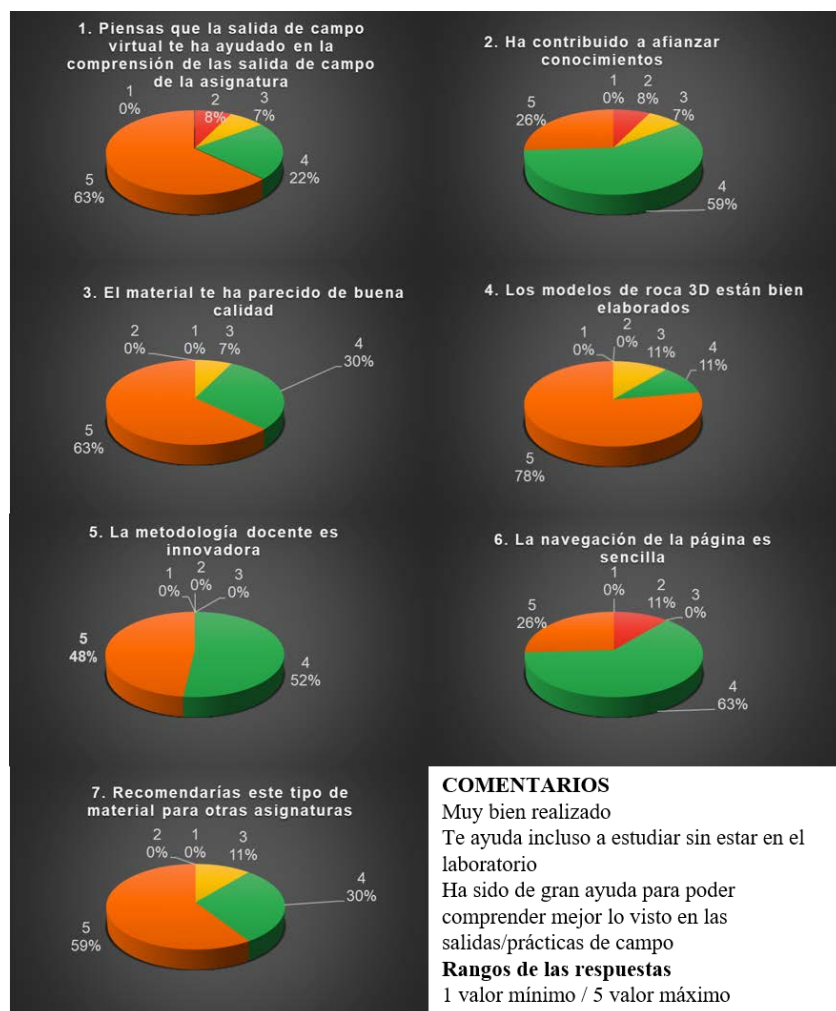


Figura 4. Gráficos de valoración de las preguntas de la encuesta de valoración de la página web <https://www.ucm.es/salidas-de-campo-virtuales> donde se incluye el material docente desarrollado y utilizado en asignaturas de Grados de Cc. de la Tierra. Fuente: elaboración propia a partir de los datos de la encuesta de satisfacción. Fuente: elaboración propia.

4. Conclusiones

El uso de las salidas de campo virtuales y los materiales 3D mediante TICs tanto en ordenadores como en dispositivos móviles permiten abordar limitaciones de tiempo y espacio en entornos de aprendizaje diversos, posibilitando contenidos didácticos que son inaccesibles de otro modo y permite que haya una continuidad fuera del aula. Con el uso de las TICs también se complementa la formación por medio de la adquisición de habilidades y competencias tecnológicas.

Hoy en día, con la proliferación de la tecnología, junto con una mayor conciencia y conocimientos informáticos, se dispone de datos y software sofisticados que pueden respaldar la educación en todos los niveles, desde el inicial hasta el avanzado. Además, la ventaja de la existencia de Internet es que proporciona un fácil acceso a una enorme cantidad de información en lugares fuera del trabajo y a un gran número de personas. Esto facilita el acceso a los materiales docentes generados que pueden servir como material formativo a la vez que divulgativo, sirviendo de apoyo a la realización de salidas de campo virtuales o el análisis y observación de material geológico, como modelos 3D.

Las salidas de campo virtuales tienen muchas ventajas y pueden ser de gran interés en muchos aspectos en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra, siendo útiles tanto como materiales de preparación o de repaso para los alumnos. Además, permiten realizar igualmente una formación en relación al uso de programas y aplicaciones informáticas. La principal desventaja de estos materiales es la falta de una experiencia sensorial completa. De esta forma se puede concluir que la combinación de ambos métodos, el análisis real de campo como el uso de tecnologías son necesarios para optimizar tanto el uso de las SCV y de los modelos 3D como para obtener los mejores resultados en una salida de campo real. La digitalización abre nuevas vías para el crecimiento y la innovación en la docencia y en la divulgación del conocimiento científico a la sociedad.

Referencias bibliográficas

Falkingham, PL. 2012. "Acquisition of high resolution three-dimensional models using free, open-source, photogrammetric software". *Palaeontologia electrónica* 15.

Herrero Fernández, M. J., Álvarez Gómez, J. A., Escavy Fernández, J. I., Fregenal Martínez, M. A., Horra del Barco, R. de la., Insúa Arévalo, J. M., Jiménez Molina, D., López Acevedo, F. J., Martínez Díaz, J. J., Menéndez-Pidal de Navascués, I., Sánchez Moya, Y., Sanz Pérez, E y Varas Muriel, M J y Sanz de Ojeda, J y Sanz de Ojeda, P., Sopena Ortega, A., Trigos Luque, L., y Varas Muriel, M.J. 2021. "Innovación en contenidos virtuales vía tecnologías digitales: Modelos Geológicos 3D y Salidas de campo virtuales en asignaturas de Ciencias de la Tierra. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2020-157. E-prints UCM_es*.

Herrero Fernández, M. J., Escavy Fernández, J. I., Insúa Arévalo, J. M., Horra del Barco, R de la., Sánchez Moya, Y., Sopena Ortega, A., Álvarez Gómez, J. A., López Acevedo, F. J., Jiménez Molina, D., Trigos Luque, L., Fregenal Martínez, M. A., Martínez Díaz, J. J., Menéndez-Pidal de Navascués, I., Rey Samper, J. J., Sanz Pérez, E., Varas Muriel, M. J., Sanz de Ojeda, J., Sanz de Ojeda, P., Arribas Moco-roa, J., Álvarez Sierra, M. Á., y Uribelarrea del Val, D. 2019. "RPAS (Remotely Piloted Aircraft Systems) para la elaboración de salidas de campo virtuales como recursos docentes "flipped classroom"

para Grados relacionados con Ciencias de la Tierra”. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2018-24. E-prints UCM_es*.

Herrero Fernández, M. J., Álvarez Sierra, M. Á., Arribas Mocoroa, J., Castiñeiras García, P., Escavy Fernández, J. I., Insúa Arévalo, J. M., Trigos Luque, L., López Acevedo, F. J., Ureta Gil, S., y Uribelarrea del Val, D. 2018. “Uso de tecnologías emergentes para la elaboración de salidas de campo virtuales para asignaturas de Ciencias de la Tierra”. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2017-79. E-prints UCM_es*

Herrero Fernández, M. J., Álvarez Sierra, M. D. L. A., Ureta Gil, M. S., Castiñeiras García, P., Arribas Mocoroa, J., Escavy Fernández, J. I., y López Acevedo, F. 2016. “Rutas geológicas virtuales como recurso educativo abierto (open access) en asignaturas de Geología Aplicada”. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2016-292. E-prints UCM_es*

Herrero Fernández, M J y Arribas, M y Arribas Mocoroa, J y Alvarez Sierra, M A y Escavy Fernández, J I y Ureta Gil, M S y López Acevedo, F. 2017. “Creación de rutas geológicas como recursos docentes (Flipped Classroom) en las asignaturas de Petrología Sedimentaria y Paleontología Aplicada” *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2015-258- E-prints UCM_es*.

Herrero Fernández, M.J., Arribas Mocoroa, M.E., Arribas Mocoroa, J., Escavy Fernández, J.I., y López Acevedo, F.J. 2015 “Creación de Aulas Inversas (Flipped Classroom) en prácticas de campo en Petrología Sedimentaria”. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2014-227. E-prints UCM_es*.

Steinberg, Philip E., Walter, Andy, y Sherman–Morris, Kathleen. 2002. “Using the Internet to Integrate Thematic and Regional Approaches in Geographic Education”. *The Professional Geographer*, 54:3, 332-348.

Hurst, S. D. 1998. “Use of “virtual” field trips in teaching introductory geology”. *Computer & Geosciences*, 24: 653-658.

Sánchez Moya, Y, Jiménez Molina, D., Álvarez Gómez, J A., Martínez Díaz, J J., Insúa Arévalo, J M. Fregenal Martínez, M A., Herrero Fernández, M J., Varas Muriel, M J., Morellón Marteles, M., Horra Del Barco, R., Sanz Pérez, E., Escavy Fernández, J I., Sopena Ortega, A., Menéndez-Pidal De Navascues, I., Trigos Luque, L., Rey Samper, J J., López Acevedo, F J., Sanz De Ojeda, P., y Sanz De Ojeda, J. 2020. “Uso de RPAS (Remotely Piloted Aircraft System) para la docencia y divulgación de las Ciencias de la Tierra”. *Memoria Proyecto de Innovación Docente 2019-. E-prints UCM_es*

Shroder, J. F., Bishop, M. P., Olsenholler, J. y Craiger, J. 2002. “Geomorphology and the World Wide Web”. *Geomorphology*, 47, 343-363.

Spicer, J.I., y Stratford, J. 2001.” Student perceptions of a virtual field trip to replace a real field trip”. *Journal of Computer Assisted Learning*, 17: 345-354.

Wilhite, R. 2003. “Digitizing Large Fossil Skeletal Elements for Three-Dimensional Applications”. *Palaeontologia Electronica*. 5(1):10pp, 619KB; http://palaeo-electronica.org/paleo/2002_2/scan/issue2_02.htm