

Integración de las Tecnologías Geoespaciales como herramientas docentes de Ciencias de la Tierra para Educación Secundaria

Integrating geospatial technologies as teaching resources for Earth sciences in secondary schools

ALICIA JIMÉNEZ GUTIÉRREZ^{1,2}, JOSÉ VICENTE PÉREZ PEÑA^{1,*}, JAVIER CARRILLO-ROSÚA^{3,4}

¹ Departamento de Geodinámica, Universidad de Granada. Facultad de Ciencias - Campus de Fuentenueva, 18071 Granada, España. E-mail: ali87@correo.ugr.es; vperez@ugr.es

² Colegio Divino Maestro. Plazuela De la Cruz de Piedra, 2, 18010 Granada, España

³ Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Universidad de Granada. Facultad de Ciencias de la Educación - Campus Universitario de Cartuja, 18071 Granada, España. E-mail: jfcarril@ugr.es

⁴ Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC - Universidad de Granada), Avda. de las Palmeras 4, 18100 Armilla, Granada, España

* Autor para correspondencia. vperez@ugr.es

Resumen Las Tecnologías Geoespaciales son tecnologías de la información y la comunicación que trabajan con datos espaciales georreferenciados. En los últimos años, la gran proliferación y disponibilidad de datos espaciales de gran calidad a nivel global, ha tenido como consecuencia un gran desarrollo de estas tecnologías, especialmente de aquellas basadas en la web. Desde un punto de vista educativo, estas nuevas tecnologías geoespaciales tienen un gran potencial en la enseñanza de la Geografía, así como en otras materias como las Ciencias de la Tierra, donde la componente espacial es muy importante. La utilización de estas tecnologías en Ciencias de la Tierra como herramientas docentes puede tener dos enfoques. Pueden servir para ilustrar con ejemplos del mundo real la relación entre procesos geológicos y formas del relieve resultantes. También pueden dar soporte para el diseño de experiencias de aprendizaje más complejas, que hagan uso de funciones más avanzadas y que requieran una exploración, análisis y síntesis por parte del alumnado. En este trabajo se presenta una visión de conjunto de la utilización de estas tecnologías como herramientas docentes en Ciencias de la Tierra y se realiza un repaso a las experiencias docentes más relevantes realizadas con las mismas. Así mismo, también se analizan las principales Tecnologías Geoespaciales disponibles en educación, resaltando sus principales posibilidades, así como sus ventajas e inconvenientes cuando son usadas con fines docentes.

Palabras clave: Enseñanza de las Ciencias de la Tierra, SIG, tecnologías geoespaciales, Educación Secundaria.

Abstract *Geospatial technologies are Information and Communication Technologies that work with spatial data referred to positions on the Earth surface. In the last decade, the great availability of high quality spatial data from all over the world has promoted a major development of these Geospatial Technologies, especially web-based. From a teaching perspective, these new technologies have a great potential in Geography, but also in Earth Science, where concepts and processes have a very clear spatial component. These Geospatial Technologies can support teaching in two ways. They can provide real-world examples of the relationships between landforms and geological processes. But they can also be used to support more complex learning projects that involve advanced features and require, on the part of the students, a process of exploration, evaluation and synthesis of spatial data. In this paper we offer an overview of the use of these technologies as teaching tools in Earth Science, highlighting the most relevant teaching experiences that have used them. We also analyze the most widely used Geospatial Technologies stressing their advantages and disadvantages when they are used in teaching.*

Keywords: *Geology teaching, GIS, geospatial technologies, Secondary Education.*

INTRODUCCIÓN

En la última década el rápido crecimiento y disponibilidad de mapas digitales y servicios web de imágenes ha cambiado radicalmente el concepto de interconectividad del planeta, así como la importancia que se le da a mapas e imágenes. Actualmente el desarrollo de las tecnologías para la visualización de mapas forma parte de nuestro día a día (Baker *et al.*, 2012). Cada vez estamos más acostumbrados a ver mapas en los medios de comunicación, se utilizan mapas para representar la inestabilidad política de una zona, los daños causados por un huracán, la distribución de terremotos, etc. Cada vez somos más conscientes de la componente espacial y geográfica que tienen la mayoría de los temas de interés en la sociedad. La representación de datos e imágenes en mapas, así como la familiarización con las tecnologías necesarias para visualizarlos, son cada vez más importantes en nuestra vida. El ámbito docente no puede quedar al margen de esta nueva realidad, siendo necesario incorporar en los currículos docentes las competencias necesarias para el trabajo con estas tecnologías geoespaciales (e.g. Wiegand, 2001; Baker, 2005; National Research Council, 2006; Shultz *et al.*, 2008; Baker *et al.*, 2012; Milson *et al.*, 2012)

Las Ciencias de la Tierra tienen una componente espacial mucho más relevante que otras disciplinas del ámbito científico tecnológico. La representación de datos en mapas y el uso de estas tecnologías geoespaciales son más importantes en esta disciplina y por ende también debieran serlo en su enseñanza. Esta inquietud se ve claramente reflejada en el número creciente de comunicaciones científicas y experiencias docentes de esta nueva temática (Lamas-Valente, 2006; Lisle, 2006; Montealegre, 2006; Alfaro *et al.*, 2007; Bodzin y Cirucci, 2009; Ratinen y Keinonen, 2011; Cirucci *et al.*, 2012; González *et al.*, 2012; Bodzin *et al.*, 2013; Kulo y Bodzin, 2013). Sin embargo, se echa en falta literatura en castellano que aborde esta temática de forma global, ofreciendo una visión de conjunto para los docentes que las quieran incorporar en su labor diaria.

El objetivo de este trabajo es la de ofrecer una visión de conjunto de la utilización de las tecnologías geoespaciales en la docencia de Ciencias de la Tierra. Para ello se revisará el estado actual de las mismas en el currículo docente español y las principales características que hacen de estas tecnologías unas herramientas muy potentes en la docencia en Ciencias de la Tierra, analizando los diferentes enfoques docentes con los que podemos utilizarlas. Por último, se repasarán las principales ventajas e inconvenientes de las tecnologías geoespaciales más utilizadas en docencia, ofreciendo ejemplos de experiencias educativas que hacen uso de las mismas.

DEFINICIÓN DE TECNOLOGÍA GEOESPACIAL

En líneas generales se puede afirmar que las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TICs) son aquellas tecnologías que giran en torno a tres medios básicos: la informática, la microelectrónica y las telecomunicaciones; pero giran, no sólo de forma

aislada, sino lo que es más significativo de manera interactiva e interconexiónadas (Cabero, 1998). Por lo tanto, los conceptos de Tecnología Geoespacial (TG) y de Sistema de Información Geográfica (SIG), se engloban dentro de este concepto más amplio de TICs. Aunque en principio ambos conceptos (SIG y TG) puedan parecer sinónimos, se deben de establecer algunas diferencias importantes. Tradicionalmente se ha utilizado el término SIG para referirse al sistema complejo de adquisición, manipulación, gestión, y visualización, de todo tipo de información geográfica digital. La definición de SIG no es simple, existiendo varias definiciones aceptadas con connotaciones ligeramente diferentes. Hay acuerdo en que se requieren 5 componentes básicos (hardware, software, datos, recursos humanos, procedimientos) y en que debe de cumplir 4 funciones básicas (adquisición de datos espaciales, almacenamiento y gestión, capacidades de análisis, y representación-creación de mapas digitales) (Bosque-Sendra 1997, ESRI 2010).

En los últimos años han aparecido herramientas tecnológicas que permiten interactuar directamente con datos geográficos ya procesados y listos para ser “consumidos”, como son Google Earth, Google Maps, Bing Maps, ArcGIS online, etc. Sin embargo, no pueden denominarse SIGs, puesto que carecen de alguno de los componentes que explícitamente definen a un SIG, y no cumplen las 4 funciones básicas. Así pues, se hace necesario un nuevo término que dé cabida tanto a los clásicos SIG como a estas nuevas herramientas: este es el de Tecnologías Geoespaciales (Baker, 2008; Bodzin y Cirucci, 2009; Bodzin *et al.*, 2013; Makinster *et al.*, 2014). De esta forma, en un sentido más amplio, podemos definir una Tecnología Geoespacial como cualquier tecnología de la información y comunicación en la que se trabaja con datos espaciales georreferenciados (es decir, datos que hacen referencia a ubicaciones concretas en la superficie terrestre).

UTILIZACIÓN DE LAS TGS EN DOCENCIA

Las TGs en el sistema educativo español

Las TGs están englobadas dentro de las TICs. Por tanto, el aprendizaje de su uso para la resolución de problemas lo podemos considerar como una contribución al desarrollo del Tratamiento de la información y la competencia digital, una de las 8 competencias básicas de la legislación educativa nacional (RD 1631/2006). La competencia digital se define como las habilidades y destrezas del alumnado para buscar, obtener, procesar y comunicar información, y para transformarla en conocimiento. Debido a la gran proliferación de las tecnologías de la información y la comunicación en el contexto del surgimiento de la web social o web 2.0, el número de herramientas TIC con las que contamos los docentes es muy elevado. Sin embargo, el mero uso de alguna de estas herramientas no implica necesariamente la adquisición de la competencia digital.

Cabe subrayar que las TGs se sitúan en un contexto privilegiado, ya que permiten abordar globalmente estas habilidades y destrezas, con especial

énfasis en un análisis de la información que conduce a la generación de conocimiento, tal como considera la competencia digital. Además en este caso, las TGs incluyen una dimensión adicional de aprendizaje ligada a la representación espacial.

También se ha analizado las TGs como objeto de estudio dentro de las asignaturas relacionadas con la Biología y Geología en la Educación Secundaria. Así se ha encontrado que los SIG, explícitamente constituyen un contenido de la asignatura Biología y Geología de Bachillerato: “*Iniciación a las nuevas tecnologías en la investigación del entorno: los Sistemas de Información Geográfica*” (bloque 1 de contenidos “*Origen y estructura de la Tierra*”). No hay, sin embargo, referencia alguna en los Criterios de Evaluación (RD 1467/2007). El que estas tecnologías formen parte del currículo es indicativo de la importancia que se le da a las mismas. Sin embargo, responde solamente a la necesidad de que el alumnado conozca su existencia y no implica un uso enfocado a la resolución de problemas. Llama también la atención, que dentro de los contenidos de las asignaturas relacionadas con la Geografía, no se encuentre una mención específica a las TGs o los SIG, donde su uso está más generalizado.

El uso de estas tecnologías está mucho más extendido en Geografía, tanto desde el punto de vista de la aplicación en desarrollo profesional de la disciplina como en su aplicación en la enseñanza. Así, en España actualmente son frecuentes los trabajos de utilización de las TGs en la docencia de Geografía (Lázaro y González, 2005; Vivancos, 2006; Lázaro *et al.*, 2008; Calle, 2009; Gómez-Trigueros, 2010; Carralero, 2011; Luque-Revuelto, 2011). También podemos encontrar varios ejemplos con iniciativas concretas de integración de las TGs en la docencia. El “Portal Educativo en SIG” (PESIG) desarrollado por el “*Departament d’Ensenyament de la Generalitat de Catalunya*” de la Universidad de Girona (Boix y Olivella, 2007) o algunas iniciativas educativas lanzadas por el Instituto Geográfico Nacional y el Instituto Cartográfico de Andalucía son claros ejemplo de ello (Nieto y Fajardo, 2007; del Campo *et al.*, 2012). También podemos encontrar en el campo de la Geografía trabajos muy interesantes que aportan reflexiones sobre la integración de los SIG en el aula de Geografía (Lázaro y González, 2005; Lázaro *et al.*, 2008). Sin embargo, la utilización de estas nuevas tecnologías en Ciencias de la Tierra está menos documentada en España y por ende, suponemos que también menos explorada y desarrollada.

Las TGs como herramienta para la enseñanza en Ciencias de la Tierra

En Ciencias de la Tierra la dimensión espacial de muchos de los conceptos que se abordan, hace que las TGs constituyan una de las herramientas más potentes con las que podemos contar. Serán de especial importancia a la hora de tratar temas y conceptos en los que requiera el análisis de diferentes capas de información y una exploración activa por parte del alumnado, así como el desarrollo de una visión espacial por parte del mismo.

La importancia del desarrollo de capacidades por parte del alumnado como son la visión espacial

y de forma más global el “*pensamiento espacial*” no ha pasado desapercibida para los profesionales de la enseñanza (National Research Council, 2006). Si bien no hay una única forma de definir este “*pensamiento espacial*”, como tampoco las hay de definir el pensamiento matemático o el verbal, podemos indicar que se refiere a los procesos cognitivos del alumnado ligados a la utilización de imágenes mentales y el desarrollo de una visión espacial para establecer relaciones y derivaciones lógicas a partir de datos y/o representaciones espaciales. Este concepto de pensamiento espacial es muy amplio y engloba la visión espacial (capacidad de distinguir simetrías, orientaciones, distancias, etc.), de construir modelos mentales tridimensionales a partir de datos bidimensionales, así como también la comprensión de cambios espacio-temporales en objetos (Orion *et al.*, 1997; National Research Council, 2006; Shultz *et al.*, 2008; Titus y Horsman, 2009). Algunos autores apuntan que este *pensamiento espacial* también incluye las competencias tecnológicas necesarias para la utilización de TGs (Shultz *et al.*, 2008). Lo que sí podemos afirmar de forma inequívoca, es que todas estas capacidades y habilidades son de vital importancia en Ciencias de la Tierra (Orion *et al.*, 1997; National Research Council, 2006; Titus y Horsman, 2009).

En las últimas décadas se ha producido una explosión en la disponibilidad de datos espaciales, sensores, muestras de campo, imágenes de satélite, etc., los cuales constituyen una parte fundamental en los nuevos descubrimientos científicos en el campo de las Ciencias de la Tierra. Todo esto subraya aún más la necesidad de desarrollar el “*pensamiento espacial*” en el alumnado si queremos lograr que este obtenga las capacidades y habilidades necesarias para utilizar todos estos nuevos recursos para su aprendizaje. Las TGs han demostrado ser las mejores herramientas para este fin ofreciendo al alumnado visualización mediante la combinación de distintas capas temáticas, así como la posibilidad de su análisis y síntesis (Baker, 2005, 2008; Cirucci *et al.*, 2012), y por ende, de crear conocimiento, como señalaba la competencia digital. También proporciona al alumnado una fuente prácticamente inagotable de ejemplos para un mejor conocimiento de las Ciencias de la Tierra a través de la exploración de expresiones geomorfológicas y formas del relieve asociadas a procesos geodinámicos tanto externos como internos, comportamiento diferencial de materiales de distinta composición físico-química, etc. (Lamas-Valente, 2006; Lisle, 2006; Montealegre, 2006; Alfaro *et al.*, 2007; Monet y Greene, 2012) Este pensamiento espacial es muy importante no solo para entender conceptos que requieran imágenes tridimensionales, sino también para ayudar al alumnado a realizar conexiones y deducciones lógicas a través de datos espaciales.

Las TGs se pueden utilizar en la enseñanza de Ciencias de la Tierra a distintos niveles, utilizando distintas estrategias metodológicas. Por un lado podemos utilizar las TGs como ilustración y apoyo a las explicaciones de conceptos geológicos, con ejemplos de las formas del relieve asociadas a procesos geológicos concretos (Lamas-Valente, 2006; Lisle, 2006; Montealegre, 2006; Alfaro *et al.*,

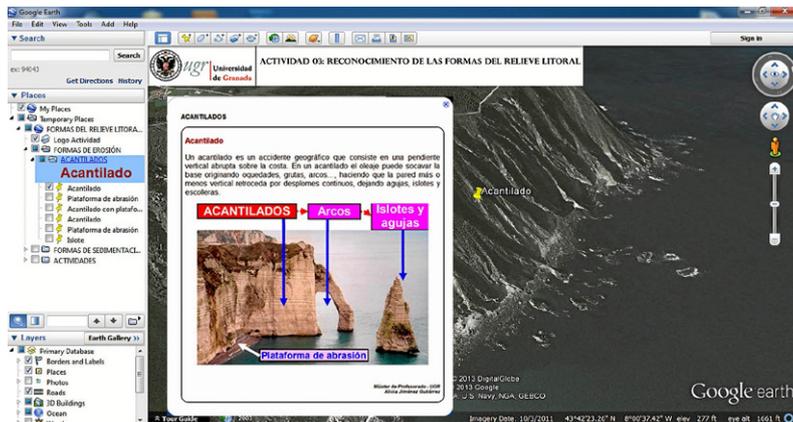
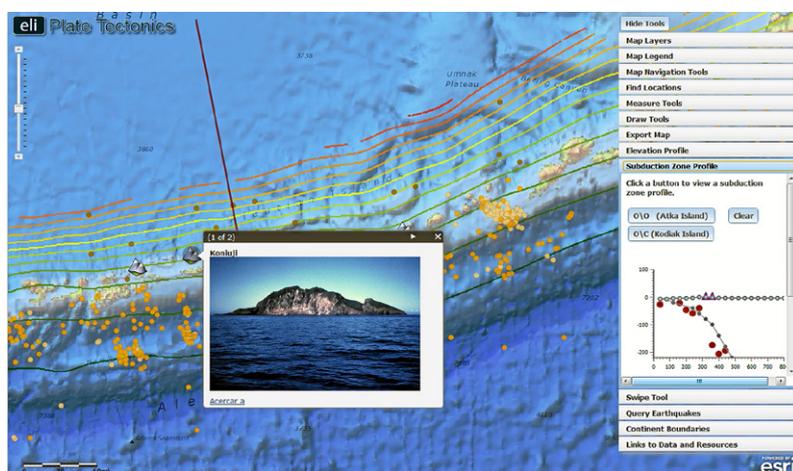


Fig. 1. Marcador en Google Earth con explicación de formas del relieve litoral que muestra además las posibilidades de personalización de contenido en Google Earth mediante marcas html y css.

2007). La posibilidad de exploración interactiva que nos ofrecen estas tecnologías, hace también posible diseñar actividades que impliquen la observación, identificación e interpretación de formas del relieve por parte del alumnado (Fig. 1). Por otro lado, también podemos buscar una aproximación distinta, mediante la exploración y el análisis multidisciplinar de distintos sets de datos espaciales (Fig. 2). Este enfoque es más complejo y aprovecha algunas de las capacidades más avanzadas de las TGs, como son la superposición de capas, análisis de distancia (buffers), análisis topográficos (pendientes, orientaciones de ladera, luminosidad), etc. (González *et al.*, 2012). Mediante este enfoque, las TGs serían una herramienta muy útil para realizar y dar soporte a experiencias más completas de aprendizaje donde el alumnado adquiriera un papel más activo y autónomo, como por ejemplo el aprendizaje basado en la investigación-indagación en torno a problemas o en experiencias de aprendizaje basado en proyectos (Bodzin y Cirucci, 2009; Bodzin, 2010; Liu *et al.*, 2010; Minner *et al.*, 2010; Ratinen y Keinonen, 2011; Dempsey *et al.*, 2013), en los cuales la dimensión colaborativa pudiera también tener especial importancia (Henry y Semple, 2012).

Fig. 2. Aplicación web para la enseñanza de tectónica de placas en Educación Secundaria realizada con ArcGIS server (servidor SIG) y JavaScript. <http://gisweb.cc.lehigh.edu/tectonics>

Actualmente, a nivel internacional, se están llevando a cabo multitud de iniciativas y actividades docentes encaminadas a la utilización de las TGs en la enseñanza, a la investigación del impacto que tienen la utilización de las mismas sobre el aprendizaje del alumnado, y a atender la necesidad creciente de una formación específica del profesorado en este



ámbito (Baker y Bednarz, 2003; Linn *et al.*, 2005; National Research Council, 2006; Lam *et al.*, 2009; Baker *et al.*, 2012; Milson *et al.*, 2012; Trautmann y MaKinster, 2014). En España, aunque cada vez podemos encontrar más experiencias educativas con este tipo de tecnologías, comparativamente aún son pocos los profesionales que las incorporan en su labor docente (Jiménez-Gutiérrez, 2013). Este déficit podría ser debido a la falta de literatura didáctica específica en castellano sobre el tema que presente ejemplos de buenas prácticas en el uso de los TGs (del Campo *et al.*, 2012). Probablemente, la falta de formación del profesorado en esta temática también pueda contribuir.

VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LAS PRINCIPALES TGS PARA SU USO DOCENTE

En este apartado se realizará un análisis de las fortalezas y debilidades de las principales TGs que se pueden utilizar como recursos docentes.

SIGs de escritorio

Las TGs más potentes son sin duda alguna los SIG, pues ofrecen una capacidad muy alta (casi ilimitada) de realizar análisis espaciales, trabajar con todo tipo de datos, organizar la información, etc. Los SIG de escritorio son aquellos que se pueden instalar en un ordenador personal y no necesitan grandes requerimientos de capacidad de procesado. Existen varios casos de éxito de la utilización de estos SIG de escritorio en la Educación Secundaria (Linn *et al.*, 2005; Liu *et al.*, 2010; González *et al.*, 2012).

La mayoría de los SIG de escritorio tradicionalmente han sido desarrollados por casas comerciales y tienen un coste elevado (de cientos a miles de euros), lo que, a priori, podría ser un escollo insalvable para su uso en Educación Secundaria. Afortunadamente, actualmente existen varias opciones desarrolladas bajo licencia de software libre con excelentes funcionalidades, como gvSIG (<http://www.gvsig.com/>) o QGIS (<http://www.qgis.org/es/site/>). Sin embargo, los SIG de escritorio (propietarios y de código libre) aún presentan una gran barrera para su uso generalizado en la Educación Secundaria; requieren de conocimientos muy específicos de manejo de software (Baker *et al.*, 2012; Pérez-Peña *et al.*, 2013). Este hecho hace que su utilización en actividades de aprendizaje requiera una formación específica no solo del alumnado, sino también del profesorado (Lam *et al.*, 2009; Baker *et al.*, 2012; Trautmann y MaKinster, 2014). En el contexto de la Educación Secundaria, serían solo realmente viables en Bachillerato.

Servidores SIG

Un tipo de TG que está creciendo considerablemente en los últimos años son los servidores SIG. Estos ofrecen una funcionalidad totalmente escalable, unido a una facilidad de uso por parte del alum-

nado (Bodzin, 2010; Cirucci *et al.*, 2012; Bodzin *et al.*, 2013; Jiménez-Gutiérrez, 2013; Pérez-Peña *et al.*, 2013). Estos servidores SIG son accedidos por parte del alumnado a través de aplicaciones web de fácil manejo y permiten realizar todos los análisis que ofrecen los SIG de escritorio. El docente puede crear aplicaciones a medida y tiene control total sobre los datos y los procesos de análisis a los que puede acceder el alumnado.

También ofrecen una posibilidad muy interesante para realizar actividades de aprendizaje colaborativo, pues permiten el acceso a bases de datos multiusuario (Henry y Semple, 2012). El alumnado puede acceder a una base de datos donde pueden ir introduciendo sus datos y tienen a la vez acceso a los datos introducidos por sus compañeros. Esta característica hace de este tipo de SIG una herramienta muy potente para el diseño de actividades de aprendizaje colaborativo.

La única dificultad que presentan los mismos, es que requieren una formación muy específica por parte del docente. Este tipo de requerimiento se ha solventado con éxito en algunos casos de aplicación práctica mediante el establecimiento de equipos de trabajo multidisciplinares (Bodzin, 2010; Cirucci *et al.*, 2012; Bodzin *et al.*, 2013; Pérez-Peña *et al.*, 2013). En estos equipos de trabajo, los docentes son los encargados de diseñar actividades con suficiente carga pedagógica y que se encuadren dentro del currículo; los analistas SIG se encargan de recopilar y adaptar los datos para su utilización; y los diseñadores se encargan de diseñar la plataforma web a la que accede finalmente el alumnado. En la práctica poner en funcionamiento equipos de estas características puede ser inviable para el común de los centros de Educación Secundaria, pero no el utilizar los recursos que hayan generado estos equipos de trabajo. Así, la gran ventaja de este tipo de aplicaciones es que los mapas y aplicaciones web que se generan son normalmente de libre acceso y dinámicos, pudiéndose utilizar como recursos docentes listos para “consumir” (Fig. 3).



Fig. 3. Aplicación web para realizar excursiones Geológicas Virtuales (Pérez-Peña *et al.*, 2013) realizada con ArcGIS Server y Flex. Este recurso está disponible de forma gratuita por internet para cualquier docente: <http://servidorgeodin.ugr.es/ExcursionesGeologicas>.

ArcGIS online

ArcGIS online es una plataforma web lanzada en 2011, que permite la creación de mapas digita-

les y contenido online que puede ser visualizado en distintos formatos. Los mapas se pueden crear y compartir de forma colaborativa y se puede incluir material online muy variado. Con la versión gratuita, se puede utilizar contenido online y utilizar capas propias (pero con un límite de espacio y número de entidades), a la vez que realizar aplicaciones online con funcionalidades muy interesantes para la docencia, pero no es posible crear servicios de información propios como ArcGIS for Server (para esto sería necesaria la versión de pago, pensada principalmente para empresas y valorada en miles de euros). Sin embargo, debido a la proliferación de servidores SIG, cada vez existe más contenido online que se puede incorporar en los mapas realizados con la versión gratuita de esta plataforma (Fig. 4).

Lo que hace a ArcGIS online un herramienta muy interesante desde un punto de vista educativo, es que está a camino entre una aplicación de visualización de mapas 2D (como Google Earth o Google Maps) y un SIG. ArcGIS online permite visualizar los mapas creados en un visor web gratuito (ArcGIS Explorer), el cual permite realizar consultas espaciales sobre los datos y extraer subcapas de información. Los mapas generados con ArcGIS online también pueden ser incorporados en aplicaciones web más sofisticadas programadas en Flash o en JavaScript.

La plataforma de ArcGIS online puede ser un poco más compleja de manejar por parte del profesorado, sobre todo si queremos incorporar capas de información propias, sin llegar a alcanzar los conocimientos técnicos que requiere un SIG de escritorio o servidor SIG. Sin embargo, para el alumnado los mapas creados con ArcGIS online son muy fáciles de utilizar, puesto que ellos acceden a estos mediante aplicaciones web de fácil manejo integradas directamente en el explorador web.

Para ilustrar un poco más esta plataforma, que puede ser más desconocida para los docentes, se han incluido dos anexos con instrucciones específicas para crear mapas online con la misma. Estos anexos están pensados como “laboratorios prácticos” con instrucciones específicas que los docentes interesados pueden seguir para tener una idea de las posibilidades de esta plataforma.

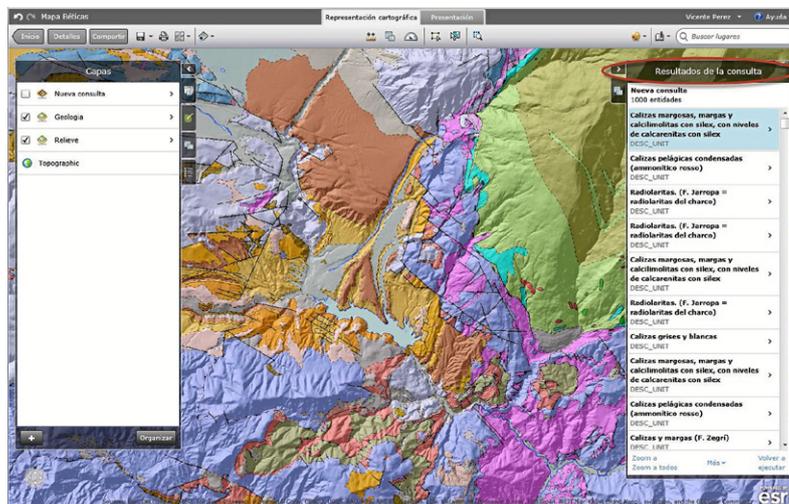


Fig. 4. Utilización de dos capas de geología y relieve en ArcGIS online. La capa de geología permite realizar consultas interactivas de edad y litología.

Google Earth

Google Earth es un globo virtual que integra una colección muy amplia de imágenes de satélite y fotografías aéreas, obtenidas en diversas fechas –y por ende con archivo histórico– para la totalidad de la superficie terrestre. Según la escala de observación, Google Earth nos proporciona un tipo determinado de imágenes a distintas resoluciones. Así pues, a menores escalas nos proporciona imágenes de resolución kilométrica, pero a medida que nos acercamos a una zona concreta, tenemos disponibles imágenes de mayor resolución. Casi toda la tierra está cubierta a una resolución de 15 m/píxel mínimo, pero existen zonas donde podemos tener disponibles imágenes de hasta menos de 1 metro de resolución por píxel.

Google Earth ha demostrado ser un recurso muy potente en la docencia de Ciencias de la Tierra (Lisle, 2006; Lamas-Valente, 2006; Montealegre, 2006; Alfaro *et al.*, 2007; Bodzin y Cirucci, 2009; Kulo y Bodzin, 2011, 2013; Ratinen y Keinonen, 2011; Monnet y Greene, 2012; Dempsey *et al.*, 2013; Bodzin *et al.*, 2014), pues presenta varias características que lo hacen especialmente interesante. Es quizás la TG más utilizada, con diferencia, en docencia (e.g. Jiménez Gutiérrez, 2013). Si bien las TGs mencionadas antes como ArcGIS online y los servidores SIG también tienen acceso a bases de imágenes web de igual calidad (por parte de Bing Maps), Google Earth cuenta con un sistema de transmisión de imágenes más potente y rápido que estos últimos y la posibilidad de realizar vistas tridimensionales. Así mismo también incorpora datos de relieve de gran precisión, batimetría de muy alta resolución, y más recientemente, imágenes de satélite de alta resolución de Marte, la Luna y del firmamento (galaxias, estrellas, nebulosas, etc.).

Google Earth no es un SIG en toda regla (Zhong *et al.*, 2009) y por ello ofrece menos funcionalidades que las TGs mencionadas anteriormente. Aun así, tiene la gran ventaja de que su manejo es mucho más sencillo tanto para el profesorado como para el alumnado (Bodzin *et al.*, 2014). Con un poco de conocimiento de lenguaje de marcado (kml, html, y css) por parte del docente, se pueden explotar de manera exponencial las posibilidades que ofrece Google Earth, mucho más allá de simplemente seleccionar y guardar marcas de posición (Jiménez-Gutiérrez, 2013). Aunque no ofrece toda la funcionalidad de un SIG, también se ha utilizado para diseñar actividades de aprendizaje basadas en pequeños proyectos de investigación (Bodzin y Cirucci, 2009; Kulo y Bodzin, 2011, 2013; Bodzin *et al.*, 2014).

Otra desventaja con respecto a los servidores SIG es la mayor dificultad para realizar actividades de aprendizaje colaborativo, pues los archivos de Google Earth se deben descargar a un ordenador, y no pueden ser accedidos y modificados directamente a través de la web.

Google Maps

Google Maps es el servicio web de mapas de Google. Al igual que Google Earth, posibilita el acceso a imágenes de satélite de prácticamente toda la

superficie terrestre con igual resolución. Google Maps permite además la creación de mapas personalizados, posibilitando también añadir elementos de diseño en lenguaje html y css. Se podría decir, que es prácticamente idéntico a Google Earth, salvo por la posibilidad de las vistas 3D (no disponibles en Google Maps). Sin embargo, casi la totalidad de actividades docentes para Ciencias de la Tierra se han planteado siempre utilizando Google Earth quedando la utilización de Google Maps siempre en segundo plano.

Google Maps posee tres características propias que lo hacen muy interesante desde un punto de vista docente: la posibilidad de compartir mapas con solo un enlace (no necesitando software alguno), la integración con tabletas o teléfonos móviles de última generación, y la posibilidad de edición cooperativa de un mapa.

Google Maps permite al usuario crear mapas y composiciones interactivas propias con un conocimiento básico de lenguaje de marcado kml, así como publicar los mismos en la web (Lucking *et al.*, 2008). Estas composiciones interactivas o “*maps*” nos permiten personalizar nuestros recursos docentes para que incluyan información específica. Así mismo, se pueden compartir con el alumnado utilizando un enlace URL generado directamente por Google Maps, no siendo necesario el enviar archivos al alumnado (como en el caso de Google Earth). Tampoco es necesario que el alumnado tenga instalado ningún software, pues el acceso a los mapas es directamente a través del explorador web.

Los mapas creados en Google Maps pueden ser editados por más de un usuario a la vez, haciendo con ello posible el diseño de actividades de aprendizaje colaborativo (Jiménez-Gutiérrez, 2013). El alumnado puede trabajar a la vez sobre un mismo mapa, darse apoyo mutuo, aumentar su capacidad de trabajo en grupo y organización, etc.

La tercera gran ventaja que ofrece Google Maps es la posibilidad de ver los mapas en tabletas o teléfonos de última generación (*smarthphones*). Esta portabilidad puede ser una alternativa muy interesante, dado el incremento en popularidad que están alcanzando estos dispositivos actualmente entre el alumnado.

CONCLUSIONES

En este artículo se ha realizado un repaso a las posibilidades de utilización de las diferentes herramientas que constituyen los TGs en la enseñanza de las Ciencias de la Tierra en la Educación Secundaria, dando una visión de conjunto a esta temática. Las TGs, que prácticamente no están consideradas como objeto de estudio, salvo de forma puntual en Bachillerato, pueden representar un papel muy importante en la docencia de Ciencias de la Tierra. Estas herramientas permiten desarrollar satisfactoriamente la competencia digital, a la vez muy potentes para desarrollar elementos críticos para esta materia como son la visión espacial y la capacidad de análisis y síntesis de datos espaciales (“*pensamiento espacial*”). La utilización de las TGs en la enseñanza de las Ciencias de la

Tierra se puede realizar mediante dos enfoques; para proveer ejemplos de formas del relieve y su relación con procesos geológicos, o bien para realizar análisis más complejos que requieran la exploración y análisis de sets de datos espaciales utilizando las características más avanzadas de estas tecnologías.

Distintas TGs tienen una serie de ventajas e inconvenientes para su uso docente. Los SIG de escritorio son las TGs más potentes y las que incorporan mayor funcionalidad, y gracias a las alternativas de código libre como gvSIG y QGIS podrían ser adquiridos por centros docentes sin coste. Sin embargo, tienen la desventaja de requerir una formación importante tanto de alumnado como de profesorado, por lo que son herramientas difícilmente aplicables en el común de centros de Educación Secundaria. Los servidores SIG tienen funcionalidades equivalentes a los SIG de escritorio, ofreciendo además la posibilidad de realizar experiencias de aprendizaje colaborativo. Estas TGs son muy sencillas para el alumnado ya que éste accede a las aplicaciones directamente a través del explorador web. Sin embargo siguen siendo software muy complejo para el profesorado, requiriendo a veces equipos de trabajo multidisciplinarios. Google Earth y Google Maps no presentan todas las funcionalidades de un SIG, pero tienen como gran ventaja su gran facilidad de uso, a la vez que ofrecen posibilidades interesantes de personalización. Google Earth es la herramienta más potente para ilustrar y analizar formas del relieve, debido a su gran versatilidad para ofrecer visiones tridimensionales. Google Maps ofrece como ventajas el no requerir software, la posibilidad de realizar mapas colaborativos, y una gran portabilidad pudiéndose utilizar en teléfonos móviles inteligentes y tabletas. Servicios "híbridos" como ArcGIS online ofrecen mayores funcionalidades de análisis que los visores de mapas online y a la vez son fáciles de utilizar tanto para profesorado como alumnado.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo está financiado con los proyectos CGL-2011-29920 del Ministerio de Ciencia e Innovación y el Proyecto de Innovación Docente 13-194 de la Universidad de Granada. Agradecemos los comentarios y apuntes recibidos en la revisión de este manuscrito, que han ayudado a mejorar notablemente la calidad del mismo.

BIBLIOGRAFÍA

Alfaro, P., Espinosa, J., Falces, S., García-Tortosa, F. y Jiménez-Espinosa, R. (2007). Actividades didácticas con Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 15, 1, 2-15.

Baker, T.R. y Bednarz, S.W. (2003). Lessons learned from reviewing research in GIS education. *Journal of Geography*, 102, 231-233.

Baker, T.R. (2005). Internet-based GIS mapping in support of K-12 education. *The Professional Geographer*, 57, 1, 44-50.

Baker, T.R. (2008). *Extending inquiry with geotechnologies in the science classroom*. En: Technology in the secondary science classroom. (Eds.: R.L. Bell, J. Gess-Newsoe y J. Luft). NSTA press, 112 p.

Baker, T.R., Kerski, J.J., Huynh, N.T., Viehrig, K. y Bednarz, S.W. (2012). Call for an agenda and center for GIS education research. *Review of International Geographical Education Online*, 2, 3, 254-28.

Bodzin, A.M. y Cirucci, L. (2009). Integrating geospatial technologies to examine urban land use change: A design partnership. *Journal of Geography*, 108, 186-197.

Bodzin, A.M. (2010). *Integrating web-based activities and site-based experiences to investigate environmental issues*. En: The inclusion of environmental education in science teacher education. (Eds.: A.M. Bodzin, B.S. Klein y S. Weaver). Springer, 352p.

Bodzin, A.M., Teletzke, A., Cirucci, L., Bressler, D., Anastasio, D., Sahagian, D., Rutzmoser, S. y Burrows, J. (2013). *Using web gis to support the teaching and learning of tectonics*. En: *ASTE International Conference*, Charleston, 9-12 Enero.

Bodzin, A.M., Anastasio, D. y Kulo, V. (2014). *Designing google earth activities for learning earth and environmental science*. En: Teaching science and investigating environmental issues with geospatial technology: Designing effective professional development for teachers. (Eds.: J. Makinster, N. Trautmann y M. Barnett). Springer, 353p.

Boix, G. y Olivella, R. (2007). *Los sistemas de información geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG (Portal Educativo en SIG)*. En: *VII Congreso Nacional de Didáctica de la Geografía. Ciudadanía y Geografía*, Universidad de Valencia, 23-24 Noviembre.

Bosque-Sendra, J. (1997). *Sistemas de Información Geográfica*. Ed. Rialp, 451p.

Cabero, J. (1998). *Impacto de las nuevas tecnologías de la información y la comunicación en las organizaciones educativas*. En: Enfoques en la organización y dirección de instituciones educativas formales y no formales. (Eds.: J. A. Ortega Carrillo, M. Lorenzo Delgado, y T. Sola Martínez). Grupo Editorial Universitario, Granada.

Calle, M. (2009). *Aplicación de Google Earth en la formación del profesorado de educación infantil para el conocimiento geográfico*. En: *IV Congreso Ibérico de Didáctica de la Geografía*, Lisboa.

Carralero, N. (2011). Las marcas geográficas de Google Earth para actividades en el aula. *Quaderns digitals: Revista de Nuevas Tecnologías y Sociedad*, 67.

Cirucci, L., Bodzin, A.M., Teletzke, A., Anastasio, D., Sahagian, D., Rutzmoser, S. y Bressler, D. (2012). *Enhancing tectonic learning with web GIS*. En: *2012 ESRI Education GIS Conference*, San Diego, 21-24 Julio.

Del Campo, A., Romera, C., Capdevila, J., Nieto, J.A. y De Lázaro, M.L. (2012). *Spain: Institutional initiatives for improving geography teaching with GIS*. En: International perspectives with teaching and learning with GIS in secondary schools. (Eds.: A. Milson, A. Demirci y J.J. Kerski). Springer, 353p.

Dempsey, C., Bodzin, A.M., Peffer, T., Anastasio, D., Sahagian, D., Cirucci, L. y Bressler, D. (2013). *Environmental literacy and inquiry: The climate change curriculum*. En: *ASTE International Conference*, Charleston, 9-12 Enero.

ESRI (2010). What is a GIS? http://www.esri.com/what-is-gis/overview#overview_panel

Gómez-Trigueros, I.M. (2010). Análisis del paisaje físico y humano de la provincia de Alicante: Google Earth como herramienta docente en las clases de geografía. *Geo-Graphos*, 1.

- González, M., Calonge, A. y Vehí, M. (2012). Utilización de los SIG como recurso para la enseñanza de las Ciencias de la Tierra. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 20.2, 173-187.
- Henry, P. y Semple, H. (2012). Integrating online GIS into the K-12 curricula: Lessons from the development of a collaborative GIS in Michigan. *Journal of Geography*, 111.1, 3-14.
- Jiménez-Gutiérrez, A. (2013) *Utilización de las Tecnologías Geoespaciales en docencia*. Tesis de Máster. Universidad de Granada, 158p.
- Kulo, V. y Bodzin, A.M. (2011). Integrating Geospatial Technologies in an energy unit. *Journal of Geography*, 110.6, 239-251.
- Kulo, V. y Bodzin, A.M. (2013). The impact of a Geospatial Technology-supported energy curriculum on Middle School students' science achievement. *Journal of Science Education and Technology*, 22, 25-36.
- Lam, C.-C., Lai, E. y Wong, J. (2009). Implementation of Geographic Information System (GIS) in secondary geography curriculum in Hong Kong: Current situations and future directions. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 18.1, 57-74.
- Lamas-Valente, N. (2006). Navegando por los paisajes del mundo con Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.4, 85-88.
- Lázaro, M. y González, M. (2005). La utilidad de los Sistemas de Información Geográfica para la enseñanza de la Geografía. *Didáctica Geográfica*, 7, 105-122.
- Lázaro, M., González, M. y Lozano, M.J. (2008). *Google Earth and ArcGIS explorer in geographical education*. En: *Learning with Geoinformation III – Lernen mit Geoinformation III*. (Eds.: T. Jekel, A. Koller y K. Donert). Wickmann, 205 p.
- Linn, S., Kerski, J.J. y Wither, S. (2005). Development of evaluation tools for GIS: How does GIS affect student learning? *International Research in Geographical and Environmental Education*, 14.3, 217-224.
- Lisle, R.J. (2006). Google Earth: A new geological resource. *Geology Today*, 22.1, 29-32.
- Liu, Y., Bui, E.N., Chang, C. y H.G, L. (2010). PBL-GIS in Secondary Geography Education: Does it result in higher-order learning outcomes? *Journal of Geography*, 109.4, 150-158.
- Lucking, R.A., Christmann, E.P. y Whiting, M. (2008). Tech Trek: Make your own mashup maps. *Science Scope*, 31.8., 58-61.
- Luque Revuelto, R.M. (2011). El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la Enseñanza Secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 55, 183-210.
- Makinster, J., Trautmann, N. y Barnett, M. (2014). *Teaching science and investigating environmental issues with geospatial technology: Designing effective professional development for teachers*. Springer, 353 p.
- Milson, A., Demirci, A. y Kerski, J.J. (2012). *International perspectives with teaching and learning with GIS in secondary schools*. Springer, 253p.
- Minner, D.D., Levy, A.J. y Century, J. (2010). Inquiry-based science instruction – What is it and does it matter? Results from research synthesis from years 1984 to 2002. *Journal of Research in Science Teaching*, 47.4, 474-496.
- Monet, J. y Greene, T. (2012). Using Google Earth and satellite imagery to foster place-based teaching in an introductory physical Geology course. *Journal of Geoscience Education*, 60, 10-20.
- Montealegre de Contreras, J. (2006). Una propuesta en geoinformación: Google Earth. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, 14.2, 108-117.
- National Research Council (2006). *Learning to think spatially: Gis as a support system in the k-12 curriculum*. The National Academies Press, 313p.
- Nieto, J.A. y Fajardo, A. (2007). *The andalusian government policy of diffusion of maps in the educative community*. En: *XXIII International Cartographic Conference*, Moscow, Russia.
- Orion, N., Ben-Chaim, D. y Kali, Y. (1997). Relationship between Earth-Science education and spatial visualization. *Journal of Geoscience Education*, 45, 129-132.
- Pérez-Peña, J.V., Jiménez-Gutiérrez, A., Azañón, J.M. y Azor, A. (2013). Utilización de un servidor SIG para la realización de excursiones geológicas virtuales. *Geogaceta*, 54,159-162.
- Ratinen, I. y Keinonen, T. (2011). Student-teachers' use of Google Earth in problem-based geology learning. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 20.4, 345-358.
- RD 1631/2006 de 29 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas correspondientes a la Educación Secundaria Obligatoria. (BOE del 5 de Enero de 2007).
- RD 1467/2007, de 2 de noviembre, por el que se establece la estructura del bachillerato y se fijan sus enseñanzas mínimas. (BOE del 6 de Noviembre de 2007)
- Shultz, R., Kerski, J.J. y Patterson, T.C. (2008). The use of virtual globes as a spatial teaching tool with suggestions for metadata standards. *Journal of Geography*, 107.1, 27-34.
- Titus, S. y Horsman, E. (2009). Characterizing and improving spatial visualization skills. *Journal of Geoscience Education*, 57.4, 242-254.
- Trautmann, N. y Makinster, J. (2014). *Meeting teachers where they are and helping them achieve their geospatial goals*. En: *Teaching science and investigating environmental issues with geospatial technology: Designing effective professional development for teachers*. (Eds.: J. Makinster, N. Trautmann y M. Barnett). Springer, 353p.
- Vivancos, J. (2006). *Earthquest y geoquest: Dos propuestas de actividades geointeractivas*. En: *Primeras Jornadas sobre Webquest*, Barcelona, 10-11 Marzo.
- Wiegand, P. (2001). Geographical information system (GIS) in education. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 10.1, 68-71.
- Zhong, Z., Hu, J., Tan, G. y Sun, C. (2009). *The application of Google Earth in education*. En: *First International Workshop on Education Technology and Computer Science*, Wuhan, Hubei. ■

Este artículo fue recibido el día 22 de febrero y aceptado definitivamente para su publicación el 10 de junio de 2014.

ANEXO 1

Creación de un mapa online con ArcGIS Online utilizando recursos abiertos y datos propios

En este anexo queremos mostrar, a modo de laboratorio práctico, como crear un mapa SIG online con ArcGIS online. Esta plataforma web, como se indica en el texto principal del artículo, permite la creación de mapas digitales online a los que se puede acceder desde nuestro ordenador personal sin necesidad de instalar software adicional. ArcGIS online, en su versión gratuita, ofrece recursos muy interesantes desde el punto de vista didáctico, como cargar capas propias o utilizar servicios de mapas online como los servicios de mapas WMS, Kml, ArcGIS Server, etc. En esta práctica realizaremos un mapa agregando datos propios y un servicio WMS abierto de geología del IGME.

1. En primer lugar iremos a la página de ArcGIS online; <http://www.arcgis.com>. En la parte superior derecha encontraremos el acceso a la plataforma (Iniciar Sesión). El registro a la misma es gratuito.
2. Una vez iniciada la sesión, accederemos a la ventana de bienvenida. En el menú superior seleccionaremos **“Mi Contenido”**, para acceder a la ventana principal de nuestro contenido. En el menú izquierdo podemos crear carpetas para organizar el contenido (por ejemplo por cursos, o unidades didácticas). En la parte central veremos los mapas online guardados en cada carpeta. Para crear un nuevo mapa pulsaremos sobre **“Crear”** y luego seleccionaremos **“Mapa”**.



3. La aplicación nos pedirá el nombre del mapa, la descripción del mismo y una serie de etiquetas para que nuestro recurso pueda ser encontrado con facilidad. Para nuestro mapa de prueba introduciremos los datos de la siguiente imagen.

Nuevo mapa

Especifica un título, las etiquetas y el resumen del mapa nuevo.

Título:

Etiquetas:

Resumen:

4. Una vez introducidos los datos identificativos de nuestro mapa, entremos en la ventana de edición del mapa, donde podremos empezar a introducir contenido al mismo. Esta ventana de edición tiene tres partes principales: la **Tabla de Contenidos**, donde aparecerán las capas cargadas en



el mapa y podremos modificar sus propiedades; el **menú superior**, donde podremos guardar el mapa, agregar capas y hacer público nuestro mapa, y por último en la zona central aparecerá la **zona de visualización del mapa**, con controles de zoom y desplazamiento.

5. Para comenzar seleccionaremos la zona geográfica de nuestro mapa, utilizando los controles de desplazamiento y zoom de la zona de visualización de mapas. Para este ejemplo hemos seleccionado la cuenca del río Genil, en la terminación occidental de Sierra Nevada (Granada, Andalucía), porque queremos realizar material complementario para explicar las cuencas hidrográficas.
6. Una vez seleccionada la zona, pasaremos a introducir contenido a nuestro mapa. En el **Menú Superior** elegiremos **“Agregar”**, y seleccionaremos **“Capa desde un archivo”**. ArcGIS online permite añadir archivos vectoriales comprimidos en zip. Para este ejemplo añadiremos una capa vectorial correspondiente a la cuenca hidrográfica del río Genil. ArcGIS online, en su versión gratuita, permite añadir capas con hasta 1000 entidades. El archivo zip utilizado en este ejemplo lo podemos descargar en http://geoserver.ugr.es/Resources/Cuenca_Genil.zip Cuando se añade una capa desde un archivo la aplicación nos pregunta el tipo de visualización que queremos utilizar. En la primera opción **“Atributo que deseas mostrar”** elegiremos el campo **“Nombre”**. En la segunda opción **“Selecciona un estilo de dibujo”** seleccionaremos la primera opción **“Tipos (Símbolos únicos)”**.



Para cambiar la visualización de la capa pulsaremos sobre **“OPCIONES”** dentro de **“Tipos (Símbolos Únicos)”**. En la ventana que sale a continuación, haremos doble clic sobre el símbolo de la cuenca para poder cambiarlo. Selecciona un símbolo sin relleno y con un contorno azul de 2 puntos de ancho y sin transparencia.



7. Cada capa añadida aparecerá en la tabla de contenidos, en el mismo orden en el que visualizarán en el mapa. Si pasamos el ratón por encima del nombre de la capa, veremos aparecer justo debajo de su nombre varias opciones.

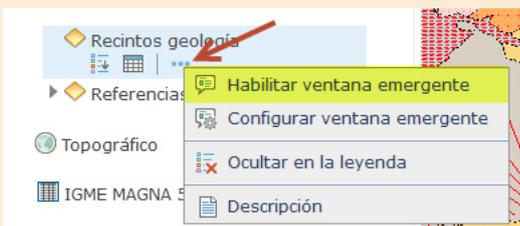


Con estas opciones podemos configurar desde el modo de visualización de la capa (simbología, transparencias, etc.), a la información que se mostrará al hacer clic en los elementos de la misma (ventanas emergentes). Las dos primeras opciones sirven para mostrar/ocultar la leyenda de la capa en la tabla de contenidos y para mostrar/ocultar la tabla de datos asociada a la capa. La tercera opción accede al menú que se mostró al cargar la capa para cambiar la visualización de la misma y la cuarta opción (los tres puntitos), abre un menú para configurar otras opciones como ventanas emergentes.

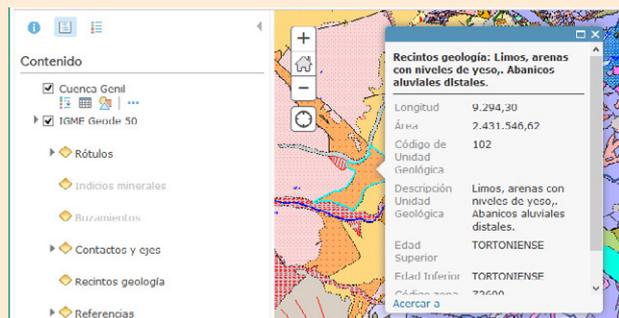
8. En el siguiente paso agregaremos un mapa geológico y configuraremos una ventana emergente para poder extraer información sobre las litologías. En la página del IGME, tenemos numerosos servicios WMS y ArcGIS Server abiertos (<http://mapas.igme.es/Servicios/default.aspx>). Para este mapa vamos a utilizar un servicio de ArcGIS Server, pero se puede hacer lo mismo con servicios WMS. Pulsaremos de nuevo sobre **“Agregar”**, y seleccionaremos **“Agregar capa desde la web”**. En la siguiente ventana seleccionaremos **“Un Servicio Web de ArcGIS for Server”**, y en el campo URL pegaremos la dirección del mapa geológico de España que hemos obtenido de la página del IGME y seleccionaremos **Agregar capa**. http://mapas.igme.es/gis/rest/services/Cartografia_Geologica/IGME_Geode_50/MapServer



9. Este servicio web está compuesto por varias capas. Si pulsamos sobre el nombre de la capa añadida **“IGME Geode 50”**, podemos ver que se compone de 6 subcapas; Rótulos, Indicios minerales, Buzamientos, Contactos y ejes, Recintos geología, y Referencias. Para poder tener información de la geología cuando hagamos clic en el mapa, vamos a configurar una ventana emergente para esta capa añadida. Para ello haremos clic en el botón con los tres puntitos debajo de la subcapa **“Recintos geología”**, y seleccionamos **“Habilitar ventana emergente”**.



Si pulsamos ahora sobre cualquier recinto de geología, podremos ver la descripción litológica del mismo y su edad.



En el menú anterior, en la opción de **“Configurar ventana emergente”** tenemos opciones para modificar el aspecto de esta ventana; podemos mostrar contenido multimedia, seleccionar los campos de los que obtener la información, formatear esta información, e incluso añadir material multimedia como fotos y vídeos.

10. Para terminar nuestro mapa cambiaremos el nombre a la capa de geología y lo guardaremos. Para cambiar el nombre de la capa, desplegaremos la ventana de opciones para la capa **IGME IGME Geode 50** (el botón con tres puntitos debajo del nombre de la capa) y seleccionaremos la opción **“Cambiar nombre”**. Daremos el nuevo nombre de **“Mapa geológico”**. Para guardar nuestro mapa, seleccionaremos la opción **“Guardar”** del menú superior.
11. Por último haremos nuestro mapa público y crearemos un enlace para nuestro alumnado. En el menú principal seleccionaremos **“Compartir”**, y marcaremos la opción **“Todos (Público)”**. En esta misma ventana tendremos el enlace al mapa (con la URL en formato corto), el cual podremos compartir con nuestro alumnado directamente o bien utilizando Twitter o Facebook (dos redes sociales con gran potencial didáctico). Si contamos con espacio web o servidor propio, también podemos crear una aplicación web o integrar el mapa en nuestra propia web.



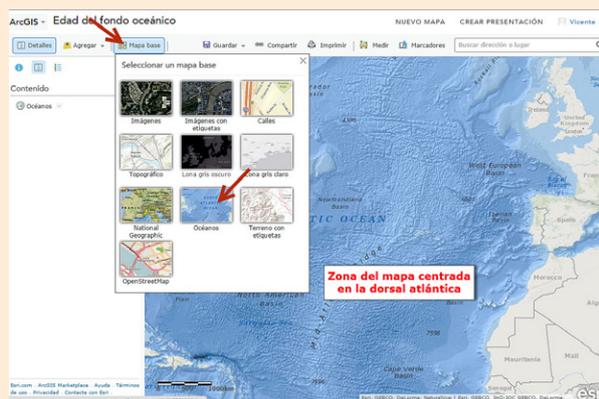
La URL compartida dará acceso al mapa, en el cual el alumnado podrá activar o desactivar capas, obtener información por medio de las ventanas emergentes, etc. Un ejemplo del mapa web terminado se puede ver en la siguiente dirección <http://arcg.is/1EXz5MP>. Del mismo modo los mapas creados con ArcGIS online se pueden ver en la aplicación gratuita para móvil; ArcGIS (disponible para Android y iPhone / iPad). Desde esta aplicación móvil, contando con conexión a internet, podemos ver nuestra ubicación real en el mapa, lo que ofrece también posibilidades didácticas muy interesantes para su uso en excursiones de campo. Además del IGME, podemos encontrar numerosos servicios WMS muy interesantes desde un punto de vista didáctico en la página de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (<http://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios>) o del Instituto Geográfico Nacional (<http://www.ign.es/ign/layout/1/actividadesIDEServicios.do>). ♦

ANEXO 2

Creación de un mapa para comparar dos capas (edad del fondo oceánico y espesor litosférico)

Una de las capacidades más potentes de ArcGIS online es que permite crear aplicaciones de comparación de mapas con la herramienta “swipe”. En este segundo anexo mostraremos como realizar una aplicación web de comparación de mapas utilizando recursos abiertos de internet. Hemos elegido dos elementos muy interesantes en geología como son la edad del fondo oceánico y el espesor litosférico, a fin de que el alumnado pueda estudiar las relaciones entre ambos.

1. Lo primero que debemos hacer es un mapa que contenga las capas que queremos comparar. Para ello entraremos en la página de ArcGIS online, accederemos a **“Mi Contenido”**, y pulsaremos sobre **“Crear”** para seguidamente seleccionar **“Mapa”** (Ver anexo 01 para detalles). A este mapa le daremos como título **“Edad del fondo oceánico”**, como etiquetas añadiremos **“litosfera”** y **“edad fondo oceánico”**, y como descripción; **“Relación entre la edad del fondo oceánico y el espesor de la litosfera”**.
2. La zona de visualización del mapa será la **dorsal atlántica**, por lo que podemos utilizar las herramientas de Zoom y desplazamiento para centrar el mapa en la misma.
3. Para este mapa cambiaremos el mapa base por uno que nos muestre el fondo oceánico. En el **Menú superior** haremos clic en **“Mapa Base”**, y seleccionaremos **“Fondo oceánico”**.



4. Las capas que vamos a añadir a este mapa van a ser la edad del fondo oceánico y el espesor de la litosfera. Ambas capas las podemos encontrar como servicios de ArcGIS Server dentro de los recursos docentes para el currículo de tectónica del Departamento de Educación de la Universidad de Pensilvania (<http://www.ei.lehigh.edu/eli/tectonics/>). Para añadir la capa de espesor litosférico, seleccionaremos en el menú superior **“Agregar”** y seleccionaremos **“Agregar capa desde la Web”**. En la ventana que se abre a continuación seleccionaremos **“Un servicio Web de ArcGIS for Server”** como tipo de servicio y en URL introduciremos la siguiente dirección;

<http://gisweb.cc.lehigh.edu/gis1/rest/services/tectonics/LithoThickness/MapServer>.

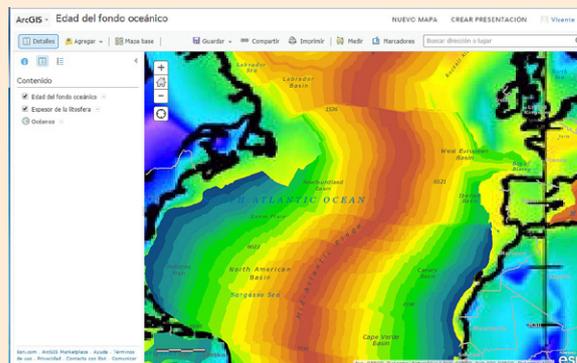
Una vez agregada la capa le cambiaremos el nombre a **“Espesor de la litosfera”** (desplegando el menú de configuración de la capa, ver Anexo 1 para detalles).



5. Para añadir la capa con las edades del fondo oceánico, seguiremos exactamente el mismo procedimiento anterior, pero copiando la siguiente dirección en el campo URL;

http://gisweb.cc.lehigh.edu/gis1/rest/services/tectonics/Age_Ocean_Floor/MapServer

También le cambiaremos el nombre a esta capa por; **“Edad del fondo oceánico”**.



6. Por último guardaremos el mapa, seleccionaremos la opción de **“Compartir”** y marcamos la opción **“Todos (Público)”**.
7. Una vez guardado el mapa volveremos a la ventana principal de **“Mi Contenido”**. Para acceder a esta ventana de una manera rápida, podemos desplegar un menú de navegación pulsando sobre **“ArcGIS”** en la parte superior izquierda.



8. En la página principal de nuestro contenido podremos ver el mapa creado. Para la crear la aplicación de compara

ción haremos clic de nuevo en **“Crear”**, y seleccionaremos **“Aplicación” – “Utilizando una plantilla”**. De las plantillas existentes, seleccionaremos **“Story Map Swipe and Spyglass”** (en la cuarta página de plantillas) y pulsaremos en **“Siguiente”**.



9. En la siguiente ventana deberemos introducir el título, etiquetas y descripción de nuevo para esta aplicación. Como etiquetas podemos introducir el nombre la unidad didáctica para la que estamos creando el material, el nombre del grupo, el curso, etc. Cuando terminemos, pulsaremos en **“Siguiente”**.

10. A continuación se nos pedirán los mapas a comparar. Vamos a utilizar el mapa creado anteriormente. Para ello pulsaremos sobre la lupa, y en la siguiente ventana seleccionaremos **“Mi contenido”** para seleccionar el mapa **“Edad del fondo oceánico”** creado anteriormente. Volveremos a la ventana anterior y pulsaremos en **“Siguiente”**.



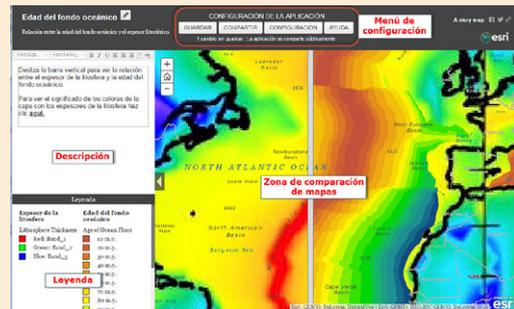
11. En la siguiente ventana se nos preguntará por el estilo para la comparación de mapas. Dejaremos el estilo por defecto (Barra vertical) y pulsaremos el **“Siguiente”**.

12. A continuación deberemos seleccionar que capa es la que queremos comparar. Seleccionaremos la capa **“Edad del fondo oceánico”**, y pulsaremos en **“Siguiente”**.

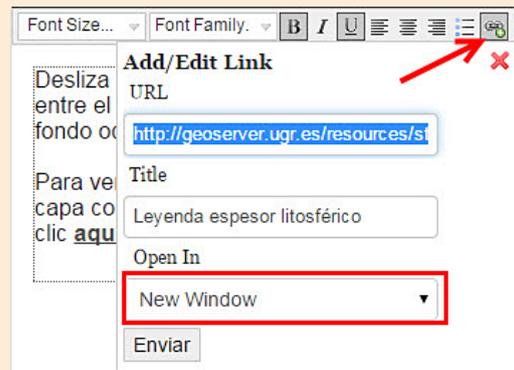
13. Para finalizar, deberemos seleccionar los ajustes de diseño que queramos. Para esta aplicación tan solo marcaremos las opciones de **“Activar la descripción”** y **“Activar la leyenda”**, y pulsaremos sobre **“Abrir aplicación”**.



14. La siguiente ventana nos mostrará la aplicación creada, donde aún tendremos que modificar algunas opciones. En la parte izquierda de la aplicación veremos la **“Descripción”** y debajo de esta la **“Leyenda”**. En la parte de la descripción podemos introducir las instrucciones de la actividad que estamos diseñando.



15. Con respecto a la leyenda, la capa de edad del fondo oceánico es una capa vectorial que tiene una leyenda fácilmente entendible, pero la capa de espesor litosférico es una imagen ráster cacheada, con lo que no ofrece una descripción de la misma. Sin embargo podemos incluir en la descripción de la aplicación la leyenda de la capa de espesores litosféricos como un enlace. Para ellos seleccionaremos la herramienta de enlace e introduciremos la siguiente URL (imagen con la leyenda): http://geoserver.ugr.es/resources/stuff/Leyenda_litosfera.jpg



Ahora, el alumnado podrá hacer clic en el enlace para ver una ventana emergente con el código de color de la capa con los espesores de la litosfera.

16. Para finalizar nuestra aplicación, en el menú de configuración haremos clic en **“Guardar”**, y después en **“Compartir”**, para hacerla pública y obtener el enlace que daremos a nuestro alumnado. Un ejemplo de la aplicación terminada se puede ver en la siguiente dirección <http://bit.ly/1xFszV5>. ♦