

# EDUCACIÓN GEOGRÁFICA CON SIG EN LA ESCUELA SECUNDARIA: ANÁLISIS ESTADÍSTICO

## Secondary school geography education with GIS: statistical analysis

GUSTAVO NIETO BARBERO<sup>1</sup>

Universidad de Barcelona (España)

[gnieto@ub.edu](mailto:gnieto@ub.edu)

Recibido: 31.01.17 / Aceptado: 03.05.17

---

**Resumen.** La educación geográfica resulta fundamental para la plena integración de la persona en la sociedad, y el uso de los Sistemas de Información Geográfica (SIG) es un importante aspecto de la misma que se debe desarrollar en las aulas. Con el objetivo de analizar la práctica didáctica con SIG entre los profesores de Geografía de educación secundaria de Baden-Württemberg, se realizó una encuesta auto-administrada *on line* durante 2015 a una muestra de 146 sujetos. El cuestionario constaba de veinte preguntas y cincuenta variables, y los resultados se analizaron mediante pruebas paramétricas y dos modelos de regresión. Los resultados revelaron que las variables más importantes eran la formación y la soltura con SIG, la presencia de materiales didácticos y que los programas más adaptados fueron los más utilizados. En conclusión, para mejorar la práctica didáctica con SIG es necesario simplificar su uso, fomentar la instrucción de los profesores y un mayor desarrollo del currículo.

**Palabras clave:** didáctica, enseñanza secundaria, uso didáctico del ordenador, nuevas tecnologías, SIG.

**Abstract.** Geography education is fundamental for the full integration of a person in society, and the use of Geographic Information Systems (GIS) is an important aspect of this subject to be developed in the classroom. With the objective of analyzing teaching practices using GIS among secondary school teachers in Baden-Württemberg, a self-administered online survey was conducted in 2015 with a sample of 146 subjects. The questionnaire consisted of 20 questions and 50 variables and the results were analyzed using parametric tests and two regression models. The results revealed that the most important variables were training and skill with GIS, the presence of teaching materials, and that the most adapted programs were the most used. In conclusion, in order to improve teaching practices using GIS, it is necessary to simplify its use through further teacher training and greater development of curricula.

**Keywords:** computer-assisted instruction, GIS, information and communication technologies, secondary education, teaching.

---

## INTRODUCCIÓN

El presente artículo surge del trabajo de la tesis doctoral del autor (Nieto, 2016), que trata de la práctica educativa con Sistemas de Información Geográfica (SIG) en el estado alemán de Baden-Württemberg (BW), realizada entre 2012 y 2016 dentro del programa de la Universidad de Barcelona de Didáctica de las Ciencias Sociales y del Patrimonio.

En una sociedad donde las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) están cada vez más presentes y son más importantes en campos como el análisis de Big Data, es necesario que se las incorpore en la formación de los futuros ciudadanos y en la educación obligatoria. Dentro de las TIG encontramos los Sistemas de Información Geográfica, los cuales han tenido mucho éxito dentro del mundo profesional y científico, así como en la administración. Con el fin de aumentar las oportunidades laborales y científicas de los alumnos en el futuro,

acercar las TIG a la educación secundaria y actualizar la enseñanza de la Geografía, orientándola hacia las prácticas profesionales y académicas del siglo XXI, decidimos desarrollar un estudio que ayudara a promover el uso de los SIG en los institutos de ESO y Bachillerato.

Un Sistema de Información Geográfica es un conjunto integrado de elementos informáticos, humanos y de procedimientos diseñado para la recogida, almacenaje, manipulación, despliegue y análisis de datos espaciales y sus atributos relacionados (De Lázaro y González, 2005; Demirci y Karaburun, 2009; Fitzpatrick y Maguire, 2000; Kerski, Demirci y Milson, 2013; Lam, Lai y Wong, 2009). Normalmente los SIG se utilizan para resolver problemas complejos de planificación, toma de decisiones y gestión de nuestro entorno, y uno de sus aspectos clave es la capacidad de modelar la realidad en capas de información, permitiendo un análisis de forma independiente o relacionada entre los diferentes aspectos que configuran el territorio (Boix y Olivella, 2007).

Muchos estudios previos han mostrado los SIG como una herramienta apropiada para la enseñanza de la Geografía. Entre las ventajas que se mencionan figuran la utilización de datos veraces y actualizados, ayuda a plantear preguntas de investigación, mejora el pensamiento espacial y geográfico, implica y motiva a los alumnos, potencia las habilidades tecnológicas, comprende mejor el territorio, promociona la resolución de problemas, usa la metodología del geógrafo y favorece el pensamiento crítico (Audet y Paris, 1997; Bednarz, 2004; De Lázaro y González, 2005; Favier y Van der Schee, 2009; Höhnle, Mehren y Schubert, 2015; Johansson, 2006; Viehrig, 2014). Los SIG son tecnologías clave para preparar a los estudiantes para ser los responsables de la toma de decisiones en el futuro (Kerski, 2008; Serral, Vinyoli y Pons, 2010) y parece, por tanto, algo muy cabal el implantarlos en la Educación Secundaria Obligatoria.

Aunque su uso en educación está cada vez más extendido en el mundo entero (Kerski, Demirci y Milson, 2013), la implantación de esta tecnología en Cataluña, y en el resto de España, es baja (Del Campo *et al.*, 2012). Por ello decidimos observar la práctica educativa real en otras regiones para cumplir con nuestra idea de promover los SIG en la enseñanza española, aprendiendo de los errores de aquellas y mejorando esas prácticas. En el estado de Baden-Württemberg los SIG han estado presentes en el currículo de Geografía del itinerario superior de la educación secundaria, el *Gymnasium*, desde 2001 (Viehrig y Siegmund, 2012) y representaban una oportunidad de poder llevar a cabo esa observación dentro de la Unión Europea, en una región parecida a Cataluña en población y extensión.

Adicionalmente, la comunidad internacional de investigadores sobre SIG demandaba una investigación básica y datos empíricos sobre la práctica educativa de esta tecnología (Baker *et al.*, 2014), lo que reforzaba la motivación para la creación de un proyecto como el que presentamos.

Partiendo de las premisas que acabamos de mencionar, nuestra investigación buscaba responder a la pregunta: ¿cuál es la práctica didáctica con SIG entre los profesores de Geografía de educación secundaria de Baden-Württemberg? Y, a partir de esta, otras como: ¿qué temas se enseñan en las clases con SIG? ¿Mediante qué tareas? ¿Cuáles son los programas utilizados? ¿Con qué frecuencia? O, ¿qué factores son los que influyen en esa frecuencia didáctica?

## MARCO TEÓRICO

Aunque las afirmaciones respecto a las bondades de los SIG en educación son numerosas, no parece que estos se

estén estableciendo al mismo ritmo que otras tecnologías en secundaria. Debe de existir, por lo tanto, una serie de factores que influyen en ese ritmo de adopción por parte de los profesores, tanto positiva como negativamente. Para poder analizar esos factores seleccionamos tres modelos teóricos utilizados en economía y ciencias de la computación: la teoría de la aceptación y el uso de tecnología, el modelo de aceptación tecnológica y la teoría de la difusión de innovaciones (Davis, 1989; Pérez, 2005; Rogers, 2003; Strachan, 2014; Venkatesh *et al.*, 2003).

Esas teorías tratan sobre la propagación de innovaciones y tecnologías en las sociedades humanas y, en consecuencia, la aceptación de los SIG por parte de la comunidad educativa debería ceñirse a estas tal y como se han ceñido otras tecnologías anteriores tales como la radio, el teléfono, la televisión o Internet.

El modelo de aceptación tecnológica se centra en dos conceptos clave que influyen en la decisión de un individuo de adoptar una nueva tecnología: la percepción de utilidad y la percepción de facilidad de uso. La teoría de aceptación y uso de tecnología es una evolución de la anterior y perfila esos dos factores generales en cuatro conceptos que influyen en la aceptación y uso de una innovación: las expectativas de rendimiento del dispositivo —utilidad y ventajas—, las expectativas de esfuerzo necesario para usarlo —facilidad de uso—, la influencia social y las condiciones circundantes —compatibilidad con la vida personal y capacidad de ensayo.

La teoría de difusión de innovaciones toma en consideración las vertientes de estructura de la población y el ritmo de aceptación de una tecnología, y nos permite prever el desarrollo y las dificultades que nos encontraremos al aplicar los conceptos anteriores y qué población es la que se verá más influida por uno u otro concepto a lo largo del tiempo. El punto más interesante es la transición entre la población que prefiere el rendimiento a los que prefieren la comodidad como capital para que la difusión sea exitosa. En otras palabras: la tecnología tiene que simplificarse cuando llega a una masa crítica de población usuaria.

A partir de estos modelos, combinados con los anteriores estudios sobre factores de influencia en SIG educativo (Baker y Langran, 2016; Höhnle, Schubert y Uphues, 2011; Kerski *et al.*, 2013; Viehrig, 2014), hemos identificado aquellos que posiblemente afectarán a la implantación del SIG y los hemos relacionado entre sí construyendo los conceptos que nos han permitido crear las variables que usamos en el análisis posterior.

La facilidad de uso quedaba representada por los factores principales de formación en SIG, soltura autopercibida con la herramienta y existencia de software adaptado; mientras que las vertientes de compatibilidad y ensayo quedaban reflejadas en el tiempo necesario para utilizar un SIG en las aulas y el acceso a materiales y datos didácticos. Por otro lado, la utilidad y las ventajas tenían que expresarse en forma de resolución de algún problema didáctico; también constatamos que la existencia de un currículo donde se definiera la función educativa de los SIG —influencia social— se ha observado como un factor importante en su difusión.

## OBJETIVOS

El objetivo general de la investigación fue analizar la práctica didáctica con SIG de los profesores de Geografía de educación secundaria de Baden-Württemberg, y los objetivos específicos que se marcaron a raíz del marco teórico fueron los siguientes:

- 1) Categorizar y cuantificar la frecuencia de uso de los programas y tareas SIG, su intensidad de uso y en qué cursos de Geografía se utilizan.
- 2) Categorizar y cuantificar el uso de temas y escalas para enseñar Geografía con SIG y en qué cursos se realiza.
- 3) Constatar si se utiliza el SIG para tratar temas difíciles de Geografía.
- 4) Relacionar el nivel de conocimiento, soltura y formación recibida en SIG de la muestra con su uso educativo y su frecuencia.
- 5) Relacionar la edad, el género y la experiencia de la muestra de profesores con el uso educativo de SIG y su frecuencia.
- 6) Relacionar la disponibilidad de materiales SIG con su uso educativo y su frecuencia.
- 7) Relacionar el tiempo requerido en preparación, desarrollo y formación en SIG con su uso educativo y su frecuencia.
- 8) Crear un modelo predictivo que pronostique el uso de SIG como herramienta docente y su frecuencia de uso, y permita identificar las variables que lo afectan.

## METODOLOGÍA

La metodología de trabajo de nuestra investigación se ciñe al método científico empírico-analítico de corte no experimental. Este método implica describir, explicar y predecir a partir de una teoría, creando una investigación *ex post facto* que la evidencie, recogiendo datos de forma planificada y buscando patrones. Las técnicas más adecuadas para el conocimiento que buscábamos obtener dentro de este método son la encuesta, el muestreo y el análisis estadístico del cuestionario (Anderson y Kanuka, 2002; Ruiz, 2009).

La investigación se realizó mediante una encuesta auto-administrada *on line* para medir cincuenta variables que nos permitieran cumplir con los objetivos propuestos. El proceso se llevó a cabo a partir de cuatro fases distintas concatenadas: una primera fase de planeamiento de la encuesta, una segunda fase de creación del instrumento de medida —en nuestro caso un cuestionario—, una tercera fase de desarrollo y administración de la encuesta y una cuarta fase de análisis de los datos recogidos en la fase anterior.

### Fase 1: planteamiento

Al iniciar la encuesta se definieron los conceptos a tratar, las variables relacionadas, el instrumento usado y la cobertura de la encuesta. La selección del cuestionario como instrumento de medida estuvo condicionada por dos factores fundamentales: la accesibilidad a la muestra de la población y el idioma vehicular de la encuesta, necesariamente el alemán.

En total dispusimos de siete conceptos relacionados con el SIG educativo (junto a diversos subconceptos): Uso didáctico (9 subconceptos), Formación (6 subconceptos), Soltura con SIG (2 subconceptos), Datos y Materiales (2 subconceptos), Tiempo (3 subconceptos), Datos personales (2 subconceptos) y Docencia (2 subconceptos); de los cuales derivaron cincuenta variables de escalas y rangos diversos. Cada concepto se hizo operable a través de una o más preguntas del cuestionario y se mediría a partir de una o más variables.

Las escalas de medición utilizadas fueron: nominal, ordinal, de intervalo y de razón, pero se trataron las ordinales como de intervalo a partir de Corbetta (2010), Coombs (1953) y Abelson y Tukey (1970) en Rubio, Ruiz y Martínez-Olmo (2016). Para el rango se usó mayoritariamente una escala de Likert (Likert, 1976), que es una de las más utilizadas en cuestionarios, ya que es muy simple e intuitiva, proporcionándonos rangos de 1 a 5.

La cobertura de la encuesta consiste en definir la región de estudio, las personas estudiadas y el periodo de tiempo de recogida de datos. En nuestro caso nos centramos en la escala regional de Baden-Württemberg —dentro del primer nivel de la Nomenclatura de Unidades Territoriales Estadísticas de la Unión Europea, clasificada como DE-1—, el ámbito educativo de profesores de Geografía de *Gymnasium* de esa región (población de  $N = 3.089$ ) y la temporalidad estática del curso escolar 2014-2015.

El volumen de nuestra muestra debería ser de 384 sujetos (Coscolluela y López, 2012), pero factores como el tiempo, el coste y la accesibilidad dificultaron obtener una muestra de esas características. Debido a que nuestro estudio era no experimental, nos resultaba imposible realizar una muestra completamente aleatoria (Rodríguez y Valldeoriola, 2009) al no existir las mismas probabilidades en todos los respondientes y decidimos utilizar un muestreo no probabilístico.

Usamos, por tanto, los muestreos de bola de nieve y conglomerado, y no pudimos certificar el tamaño de la muestra ( $n = 146$ ) hasta el final del proceso de administración. Para los conglomerados utilizamos los propios centros educativos (*Gymnasium*) y los departamentos de los gobiernos regionales de BW encargados de educación, para que ellos contactaran con los profesores; para el método de bola de nieve contactamos indirectamente con la muestra mediante fuentes críticas para iniciarlo.

## Fase 2: creación del instrumento

Para poder realizar la encuesta construimos un cuestionario que fuese posible administrar vía e-mail, preferentemente a una población numerosa y de difícil acceso, mediante una aplicación web de encuestas *on line*, y que pudiese ser autoadministrado. El cuestionario fue creado entre febrero y junio de 2015 y se realizaron catorce versiones distintas antes de las pruebas de fiabilidad.

El cuestionario contenía veinte preguntas, junto a una presentación, divididas en cuatro apartados: test de conocimientos sobre SIG, uso didáctico del SIG, factores de influencia y datos personales. Las preguntas eran de tres tipos: de conducta (nueve preguntas), de actitud (tres preguntas) y de información (ocho preguntas). En el eje más técnico, combinado con el anterior, utilizamos preguntas de clase dicotómica, de elección simple, de elección múltiple, mediante escala de valoración de Likert y preguntas abiertas (Cohen *et al.*, 2000; Ruiz, 2009; Thayer-Hart *et al.*, 2010). En el cuestionario se aplicaron filtros para evitar que los respondientes visualizaran preguntas que no les correspondían (Harrison, 2007).

El instrumento fue testado una vez que estuvo definido para poder incrementar la fiabilidad, la validez y la viabilidad, al clarificar las instrucciones y el diseño, eliminar ambigüedades, comprobar el formato de escalas y tipología de preguntas, contrastar su apariencia y el tiempo que se tarda en completarlo (Cohen *et al.*, 2000). Además de esas pruebas, es muy recomendable que el instrumento de medida sea revisado y examinado por expertos que recomienden soluciones a los diversos problemas que surjan. También se comprobó la funcionalidad entre navegadores web y las dificultades con los enlaces, tanto hipervínculos como QR o *pop-ups* (Thayer-Hart *et al.*, 2010).

El comité de expertos estuvo formado por profesores e investigadores del Departamento de Geografía de la Pädagogische Hochschule Heidelberg (PHH). Inicialmente se realizó un pretest el 28 de abril de 2015 con quince estudiantes del curso «Métodos en Geografía 2 – Metodología social». Gracias a este pretest obtuvimos una primera valoración del tiempo y la fiabilidad, mediante opiniones escritas por los estudiantes sobre las preguntas del cuestionario. El test final se llevó a cabo entre el 26 de mayo y el 2 de junio de 2015, una vez que el diseño del cuestionario piloto mediante la aplicación de encuestas web estuvo finalizado. Los participantes en el piloto fueron miembros del departamento, profesores, investigadores y doctorandos a los que se les envió un hipervínculo vía e-mail.

La encuesta *on line* fue el vehículo que nos permitió recoger los datos de nuestra investigación. Aunque el cuestionario fue diseñado y pretestado en papel, posteriormente se incorporó al formato digital mediante la aplicación Unipark y el servicio académico de la empresa alemana de software y gestión de datos Questback, que ofrece una herramienta para encuestas *on line* para estudiantes y departamentos universitarios. Los datos se almacenaban completamente en servidores de la propia empresa y se podía acceder a partir de cualquier ordenador con conexión a Internet. El proyecto *on line* fue creado el 12 de mayo de 2015 y se mantuvo activo hasta noviembre del mismo año, cuando el proceso de depuración de información de los datos estuvo completado.

## Fase 3: administración de la encuesta

La encuesta se proporcionó a la muestra de población a partir del cuestionario autoadministrado *on line* mediante siete vías distintas, siguiendo los métodos de muestreo ya comentados. La encuesta *on line* a la que accedió la muestra estuvo abierta para participar en ella del 9 de junio hasta el 31 de agosto de 2015, con recordatorios el

30 de junio, el 8 de julio y el 15 de julio. Aunque se avisaba como fechas límite primero el 30 de junio, posteriormente el 15 de julio y finalmente el 31 de julio. El mes de agosto la encuesta estuvo abierta pero no se realizaron recordatorios.

Aunque no hay un mínimo necesario para la tasa de respuesta a las vías de administración de una encuesta (Fowler, 2002), las encuestas basadas en plataformas web suelen tener un porcentaje del 30% o el 40% (Thayer-Hart *et al.*, 2010) y difícilmente se llega al porcentaje del 50% de la muestra a la que se pide la participación (Cohen *et al.*, 2000; Ruiz, 2009). Un total de 299 personas respondieron a la invitación de participación en la encuesta y 146 de esas personas entendieron y cumplieron los requisitos de la población y la completaron, lo que supone un 48,8% de retorno en nuestro caso.

En relación con las vías de contacto, hay que mencionar que debido a la legislación alemana se impide la comunicación directa con una persona sin el permiso expreso de esta, por lo que se tuvieron que usar vías indirectas de contacto con la muestra. Para que esta accediera a la encuesta se proporcionaron hipervínculos y códigos QR mediante correos electrónicos, páginas web y carteles.

Concretamente se utilizaron las siguientes vías: los contactos personales de miembros del departamento de Geografía de la PHH, ya que ellos tenían consentimiento implícito para poder enviarles correos y estos posteriormente a otros —muestreo de bola de nieve—; miembros de la Sociedad de Profesores de Geografía de Baden-Württemberg, a partir de su presidente, que era también miembro del nombrado departamento; la página web del grupo de investigación *geo* mediante *pop-up* con hipervínculo en la sección de noticias; correo electrónico de noticias de la GIS-Station Klaus Tschira – Kompetenzzentrum für digitale Geomedien, gestionada también por el departamento; póster en el Departamento de Geografía de la PHH con código QR; correo electrónico personal del investigador con invitación a *723 Gymnasien* a partir de la web del Ministerium für Kultus, Jugend und Sport (Ministerio de Cultura, Juventud y Deporte) de BW y, finalmente, correo electrónico personal del investigador a los responsables de la asignatura de Geografía de la sección de *Gymnasien* del departamento de escuela y educación de los cuatro gobiernos regionales de BW.

#### Fase 4: análisis y tratamiento de los datos

Los datos obtenidos se analizaron siguiendo tres etapas: introducción de los datos, preparación de los datos y análisis estadístico. La primera etapa consistió en introducir

los datos en los programas informáticos que íbamos a utilizar (Cohen *et al.*, 2000). Esto implicaba crear nuestras propias bases de datos personales, transfiriéndolos de los servidores de Unipark a archivos operables de SPSS (Statistical Package for Social Sciences), versión 22, y de Microsoft Excel 2010, versión 14. Durante la segunda etapa se prepararon los datos para poder aplicarles diferentes procesos estadísticos después de codificarlos, revisarlos, verificarlos, depurarlos y transformar variables si era necesario. Finalmente, en la tercera etapa se emplearon esos procesos estadísticos en tres pasos, según Vilà y Bisquerra (2004): un análisis exploratorio univariante, un análisis de contraste bivariante y un análisis multivariante.

En el análisis inicial descriptivo utilizamos la distribución de frecuencias, los valores mínimos y máximos, los cuartiles, la media, la mediana, la moda, el rango, la varianza, la desviación estándar, el sesgo y la curtosis. Para presentar esos resultados nos servimos de tablas de frecuencias y estadísticas, histogramas y gráficos de barras y de sectores (Briones, 1996; Castañeda *et al.*, 2010; Hernández *et al.*, 1997; Rodríguez y Valldeoriola, 2009).

Entre las técnicas para abordar las relaciones y las diferencias entre variables del segundo paso utilizamos las tablas de contingencia ( $\chi^2$ ), los índices de correlación (*r* de Pearson) y las pruebas de diferencias (*t* de Student-Fisher y ANOVA) (Pallant, 2010). Adicionalmente se usaron pruebas no paramétricas cuando se detectaron casos de incumplimiento de normalidad tras aplicar la prueba de bondad de ajuste de Kolmogorov-Smirnov-Lillefors y la de Shapiro-Wilks.

Las técnicas usadas para el análisis explicativo del tercer paso fueron la regresión múltiple y la regresión logística (Briones, 1996). Los modelos regresivos requieren estimar los parámetros que los componen, validar y analizar sus supuestos y comprobar su predicción (Solanas y Guàrdia, 2012). Para poder comprobar la precisión de la predicción usamos la magnitud media del error relativo (MMRE) a partir de Kitchenham, Pickard, MacDonell y Shepperd (2001).

#### Límites de la investigación

Toda investigación tiene unas limitaciones, consecuencia de la metodología utilizada, que no permiten abarcar todos los aspectos que engloban a la pregunta inicial. En nuestro caso encontramos que la muestra necesitaba ser más grande y el muestreo más sistemático y aleatorio. Ello ha provocado que los resultados no sean claramente generalizables y el incumplimiento de varios supuestos

en los modelos y el análisis estadístico. También hemos detectado posibles incidencias de variables desconocidas en los modelos, que, por otra parte, podrían no ser del todo eficientes —aunque su predicción es buena—, lo que lleva a plantear que faltan explicaciones teóricas o no se midieron adecuadamente ciertas variables. Aun así los hallazgos son significativos porque nos permiten identificar las principales variables que intervienen en la práctica didáctica con SIG y refuerzan tanto los modelos teóricos como las investigaciones anteriores.

## RESULTADOS

Los resultados obtenidos por la encuesta que acabamos de presentar fueron trabajados en tres niveles de profundidad, tal y como hemos descrito en el anterior apartado. En el primer nivel descriptivo obtuvimos una visión sintética y comprensiva de las variables individualmente. El segundo nivel consistió en analizar los contrastes entre dos variables, ya fueran categóricas o cuantitativas, y en observar las diferencias entre categorías. Finalmente, el tercer nivel observaba los datos desde una perspectiva múltiple, utilizando la combinación de variables para crear dos modelos de regresión que pudieran predecir la docencia con SIG —modelo logístico— y su frecuencia de uso —modelo lineal.

### Análisis descriptivo univariante

En este nivel describimos las características de la muestra de población, su conducta respecto a la práctica didáctica con SIG y su percepción sobre el acceso a los materiales didácticos y los geodatos. Los resultados revelan una edad media de 43,9 años, análoga a la distribución de la población por edad en Alemania (Central Intelligence Agency, 2016). Respecto al género, encontramos una paridad casi exacta entre hombres y mujeres, y si combinamos ambas variables podemos ver que la presencia de mujeres es bastante más acusada en la franja de menores de 30 años, mientras que los hombres, por el contrario, son más numerosos a partir de los 51 años de edad. Los profesores de la muestra tienen una media de 12,3 años de experiencia docente.

Mediante el test de conocimientos medimos el grado de comprensión de la muestra sobre SIG. La media de los resultados se situó en 3,25 sobre un máximo de 6 y un valor de suficiencia de 3, con un 66,4% de aprobados. Por preguntas concretas observamos que las más técnicas son las que poseen porcentajes de acierto más bajo, mientras que las que tratan sobre el concepto y utilidad de los SIG tienen altas puntuaciones. Los sujetos que componen

la muestra han oído hablar de los SIG y sus posibilidades, pero carecen de conocimientos amplios y específicos.

Respecto a su formación en SIG, obtuvimos resultados muy bajos en general, tanto en los tres ámbitos —universidad, como profesores y por cuenta propia— como en los dos tipos de formación —técnica y didáctica—. La recibida en la universidad es nula en el 67,1% de los casos del tipo técnico y en el 85,6% del tipo didáctico; la recibida como profesores en activo escasa, predominando también la técnica, pero reduciéndose a una o dos horas de duración. En cambio, la formación por cuenta propia es moderada, con un 17,1% que ha dedicado bastante tiempo a su autoformación, durante varias semanas o más de un mes. Para medir la soltura con los programas, utilizamos el uso privado de SIG de los profesores. En general, los valores de las variables son muy bajos, muy pocos sujetos utilizan los SIG en su vida privada, con un 18,5% de media; el Web SIG tiene la frecuencia más alta, con un 27% de usuarios, aunque más de la mitad lo usaba menos de seis veces al año.

Un 33,6% de los profesores encuestados utilizaban los SIG en sus clases de Geografía durante el periodo estudiado, con una mayor frecuencia en los cursos 11-13 (31% de los profesores de esa franja los usan), seguidos de los cursos 7-8 (26,1%) y 9-10 (23%). Solo el 4,9% de los profesores usaba SIG en la franja 5-6. Los SIG más utilizados en las aulas son los Web SIG (76%), los Mobile SIG tienen un uso de un 3,44% y los Desktop SIG se utilizan un 19,8% de las veces. La frecuencia media anual de usos tras descartar valores atípicos y extremos (Servicios de optimización y estadística, 2008) es de 5,3; sin embargo, existe un 27% de usuarios muy motivados con más de ocho usos al año.

La cantidad media de tareas que se realizan en el aula mediante SIG es de 30 tareas anuales, con una mediana de 19 y una moda de 7. La varianza es elevadísima ( $\chi^2 = 953,543$ ), lo que demuestra una gran diferencia entre los sujetos de la muestra y afecta al valor de la media. Podemos establecer en 20 tareas anuales el límite entre sujetos de perfil bajo y de perfil alto. La tarea más frecuente es «Activar y desactivar capas; ampliar y reducir con un zoom», seguida de «Mostrar y describir un mapa, gráfico o tabla», «Localizar un lugar» y «Crear un mapa temático»; normalmente con una frecuencia de entre 2 y 5 veces al año cada una.

Entre los programas, los preferidos por los profesores son WebGIS Schule (24,13%), Diercke WebGIS (22,41%), Klett GIS (9,05%) y ArcGIS *on line* (8,62%); los primeros poseen respaldo editorial o académico y ESRI (em-

presa creadora de ArcGIS) tiene una división especial de educación. Los SIG son también aplicados a los temas de Geografía que los profesores consideran difíciles, como la Climatología o la Geografía Económica, y se le da una gran importancia al estudio de las desigualdades, el desarrollo, los recursos naturales y la demografía. El 57% de los temas tratados con un SIG se hacían a una escala global o internacional.

Los materiales didácticos SIG y los datos digitales son considerados más difíciles de encontrar (65% de los usuarios) que su equivalente estándar de Geografía (el 82% lo percibe fácil). El 51,4% de la muestra no utiliza datos digitales de ningún tipo contra un 8,2% en relación con los datos analógicos.

Respecto al tiempo requerido por el SIG en la docencia, los resultados apuntan a que requiere más esfuerzo preparar y desarrollar las clases con esta herramienta que sin ella. Se requieren 6 horas normalmente para preparar una unidad didáctica con SIG, respecto a las 5 estándar y a las 3 horas que lleva desarrollar un tema, respecto a las 2 de Geografía tradicional. Se tarda también más tiempo en formar a los alumnos en las tareas SIG que en las estándar, llegando a 2,5 veces más incluso contando con experiencia previa.

### Análisis de contraste bivariante

En los contrastes entre variables categóricas no encontramos ninguna relación entre la docencia con SIG y el género ( $\chi^2 = 0,86$ ,  $p = 0,770$ ) o con ninguna asignatura cursada por los profesores en la universidad (excepto Política con  $\chi^2 = 6,555$ ,  $p = 0,010$ ).

El test de conocimientos se ve influido significativamente por la formación técnica ( $r = 0,325$ ;  $p = 0,000$ ) y la formación didáctica SIG ( $r = 0,269$ ;  $p = 0,001$ ) por cuenta propia y el uso privado de Web SIG ( $r = 0,249$ ;  $p = 0,003$ ).

La frecuencia de uso de SIG, por otro lado, se ve influida significativamente por el uso privado de Desktop ( $r = 0,697$ ;  $p = 0,000$ ) y Web SIG ( $r = 0,616$ ;  $p = 0,000$ ), y por la formación técnica ( $r = 0,420$ ;  $p = 0,003$ ) y didáctica SIG por cuenta propia ( $r = 0,456$ ;  $p = 0,001$ ). La cantidad de tareas aplicadas en el aula recibe influencia del uso privado de Desktop ( $r = 0,645$ ;  $p = 0,000$ ) y Web SIG ( $r = 0,442$ ;  $p = 0,002$ ), así como de la formación técnica ( $r = 0,625$ ;  $p = 0,000$ ) y didáctica SIG ( $r = 0,615$ ;  $p = 0,000$ ) por cuenta propia.

Otras relaciones significativas que se deben resaltar son que la ausencia de materiales didácticos SIG incrementa

el tiempo de formación de los alumnos la primera vez ( $r = 0,627$ ;  $p = 0,000$ ), e incluso el de aquellos con experiencia ( $r = 0,395$ ;  $p = 0,008$ ) en una tarea, y en cierta medida aumenta el tiempo de preparación de clases ( $r = 0,319$ ;  $p = 0,035$ ). También observamos que a mayor formación técnica en la universidad, menor tiempo es necesario para formar a los alumnos ( $r = -0,331$ ;  $p = 0,020$ ). Sobre este aspecto hay que mencionar que los profesores más jóvenes son aquellos que han recibido ese tipo de formación ( $r = -0,534$ ;  $p = 0,000$ ). La edad o la experiencia docente no obtienen otras relaciones notables.

El género, las materias cursadas en la universidad o las universidades de estudio no influyen en las variables de conocimiento sobre SIG, frecuencia de uso de SIG en las aulas o tareas SIG utilizadas. Aplicando la prueba t de Student-Fisher solo los profesores que cursaron Ciencias Naturales o Química obtenían resultados significativamente bajos en el test de conocimientos. El resto de las categorías no resultaban significativas ni con esa prueba ni con ANOVA.

La docencia con SIG sí que está influida por la formación didáctica ( $t = 5,14$ ;  $p = 0,000$ ) y técnica SIG ( $t = 3,36$ ;  $p = 0,001$ ) por cuenta propia, además de por la formación técnica SIG como profesor ( $t = 3,04$ ;  $p = 0,003$ ) y el nivel de conocimiento en SIG ( $t = 2,99$ ;  $p = 0,003$ ). Las dos formaciones técnicas mencionadas cumplían con la prueba de Levene, no así como las otras variables; pero tanto la formación técnica en SIG por cuenta propia ( $z = 2,18$ ;  $p = 0,000$ ) como la formación didáctica en SIG por cuenta propia ( $z = 2,44$ ;  $p = 0,000$ ) resultaban positivas en la prueba z de Kolmogorov-Smirnov

### Análisis predictivo

Hemos seleccionado dos variables clave como son la docencia con SIG (variable categórica dicotómica) y la frecuencia de uso de SIG (variable de razón) para predecir la conducta de la muestra respecto a la práctica didáctica con SIG. Nuestra intención era ofrecer modelos matemáticos que explicaran y predijeran, a partir de la observación de patrones, el comportamiento de esas variables; por lo tanto, generamos un modelo logístico para la variable de docencia con SIG y otro lineal múltiple para la variable de frecuencia de uso.

Para la docencia con SIG utilizamos un conjunto de 23 variables para 141 casos incluidos en el análisis. La codificación empleada para la variable dependiente fue de 0 = No y 1 = Sí. Del total de variables independientes, a partir de un modelo por pasos que aislaba dos variables muy significativas, se fueron eliminando las menos in-

fluyentes hasta llegar a un modelo de tres variables óptimo, con el mayor  $R^2$  explicado y mayor porcentaje de predicción. Las variables finales fueron la docencia SIG en cursos 5-6 ( $F = 13,88$ ;  $p = 0,000$ ;  $x_a$ ; rango 0-1), la formación didáctica SIG por cuenta propia ( $F = 25,01$ ;  $p = 0,000$ ;  $x_b$ ; rango 1-5) y la formación técnica SIG como profesores ( $F = 7,58$ ;  $p = 0,006$ ;  $x_c$ ; rango 1-5). El modelo se valida correctamente con una prueba ómnibus de coeficientes y con la prueba de Hosmer-Lemeshow.

Las medidas de resumen del modelo mediante la  $R^2$  de Cox y Snell y la de Nagelkerke son de 25% y 34,8%, respectivamente. La ecuación resultante es:

$$\text{Logit}(p) = -2,543 - 1,527x_a + 0,721x_b + 0,43x_c$$

Finalmente mostramos la predictibilidad del modelo basándonos en los resultados que poseemos, comparados con los valores pronosticados para los sujetos de la muestra por parte del modelo, y nos proporciona un porcentaje global del 79,4% de aciertos.

La frecuencia de uso de SIG por parte de los profesores fue tratada a partir de un conjunto de 28 variables con 41 casos. La variable dependiente oscilaba entre los valores de 1 y 39,5. A partir de esas variables independientes se realizó un proceso de introducción por pasos que resultó en las tres variables finales de nuestro modelo. Las variables seleccionadas fueron el uso privado de Desktop SIG ( $F = 38,957$ ;  $p = 0,000$ ;  $x_a$ ), la formación didáctica SIG en la universidad ( $F = 10,054$ ;  $p = 0,000$ ;  $x_b$ ) y la formación técnica SIG por cuenta propia ( $F = 4,829$ ;  $p = 0,034$ ;  $x_c$ ), todas con un rango 1-5. El modelo cumple con la prueba de Durbin-Watson (1,893) de independencia de los residuos y el supuesto de linealidad, pero no podemos afirmar la normalidad de los residuos ni la homocedasticidad.

El porcentaje de variabilidad explicado por el modelo es del 62% ( $R = 0,806$ ;  $R^2 = 0,650$ ;  $R^2$  ajustado = 0,622), con un error estándar de 5,32. La ecuación resultante es:

$$Y_i = -11,747 + 4,004x_a + 6,801x_b + 1,947x_c$$

Respecto a la predicción del modelo encontramos que se aleja un 63% de la media del resultado observado previamente en sentido negativo o positivo (MMRE), siendo un valor de 25% de referencia como el adecuado. Debido al incumplimiento de algunos supuestos y al margen de error en el pronóstico, podemos apuntar a que existe alguna variable desconocida que explique esas diferencias; tomando en consideración que la muestra es muy pequeña, esto resulta en un modelo menos fiable que el ante-

rior. De todas formas, una gran parte de la varianza (62%) queda explicada por el modelo y por tanto nos permite aclarar cuáles son las principales variables, y más si lo comparamos con otros estudios que llegan solo a un 19% utilizando el mismo marco teórico (Lay *et al.*, 2013).

## CONCLUSIONES

Tal y como hemos visto, los resultados se obtuvieron de una encuesta de 146 participantes, lo que representa un 4,72% de la población total de profesores de Geografía de *Gymnasium* de Baden-Württemberg, una muestra pequeña y que no permite generalizarlos, como demuestran las pruebas de normalidad.

No obstante, los datos de edad y género apuntan a que se trata de una muestra representativa y las siguientes conclusiones, aunque hay que tomarlas con cautela, se basan en datos empíricos observables y comparables, mediante replicación del estudio, en la región de origen u otras, que se adscriben al marco teórico utilizado y ofrecen el germen para propuestas didácticas concretas basándose en modelos predictivos.

Hemos constatado que los SIG en educación secundaria aún no son una herramienta de uso simple y los datos obtenidos por nuestro estudio, en la línea de los modelos teóricos barajados, indican que la utilidad percibida de los SIG en educación es el aspecto menos influyente si lo comparamos con la facilidad de uso. El proceso de implantación teórico nos coloca, por ende, en el de la transición hacia la mayoría temprana, donde la utilidad ya no es tan importante y es necesario simplificar el uso del SIG más que promocionar su utilidad, ya que es un requisito de la actual fase de difusión.

Podemos concluir que los usuarios de SIG educativo son básicamente autodidactas y que carecen de formación reglada firme. A partir de aquí confirmamos que la formación SIG previa reglada y rigurosa, que desarrolla la soltura, el conocimiento y, sobre todo, la confianza de los profesores, y el uso de software simple y adaptado son de capital importancia en la frecuencia de uso y la cantidad y tipo de tareas practicadas.

El tiempo requerido por un SIG educativo influye negativamente en su uso y se puede reducir ese tiempo mediante una mejor formación técnica, materiales didácticos apropiados y datos más accesibles. Detectamos que hay cierta inversión —por parte de editoriales, sobre todo— para innovar en ese aspecto y en el software adaptado, aunque aún parece poco desarrollada.

Existe una coincidencia entre los temas considerados difíciles en Geografía por parte de los profesores y los temas más frecuentemente tratados con SIG, lo que convierte a estas herramientas en una ayuda a la docencia. La mención en el currículo y su adaptación a los temas, escalas, tareas y cursos idóneos es fundamental para ampliar y mejorar su uso didáctico. Como ejemplo, los temas más frecuentes son a su vez aquellos que el currículo educativo actual de Baden-Württemberg enlaza con el uso de la competencia de metodologías geográficas, que menciona específicamente a los SIG (Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg, 2016).

En resumen, para poder desarrollar y optimizar la práctica didáctica con SIG en la educación secundaria de Geo-

grafía, es necesario simplificar y favorecer su uso mediante una formación clara y específica en la etapa de formación del profesorado y durante su labor docente; implantar los SIG en el currículo de Geografía de enseñanza secundaria en aquellos cursos más adecuados, con especificaciones de las tareas a realizar en los temas y escalas concretos donde los SIG demuestran ser más competentes; utilizar un software Web SIG adaptado a esas actividades y que tenga un respaldo de materiales didácticos y datos por parte de editoriales, la administración y la universidad. Todo esto requiere de una inversión elevada y un aumento de costes de producción que, si no se está dispuesto a hacer, hará que los SIG se conviertan en una innovación fracasada en la etapa secundaria.

## NOTAS

<sup>1</sup> Doctor en Didáctica de las Ciencias Sociales y colaborador en el grupo de investigación de Didáctica de la Historia, la Geografía y otras Ciencias Sociales (DHIGECs) de la Universidad de Barcelo-

na, profesor de Didáctica de la Geografía en el grado de Maestro de Educación Primaria entre 2012 y 2014.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABELSON, R., y TUKEY, J. (1970). Efficient conversion of non-metric information into metric information. En: TUFTE, E. (ed.). *The quantitative analysis of social problems* (pp. 407-417). Reading: Addison-Wesley.

ANDERSON, T., y KANUKA, H. (2002). *e-Research: methods, strategies and issues*. Londres: Allyn and Bacon.

AUDET, R. H., y PARIS, J. (1997). GIS implementation model for schools: Assessing the critical concerns. *Journal of Geography*, 96(6), 293-300.

BAKER, T. R.; BATTERSBY, S.; BEDNARZ, S. W.; BODZIN, A. M.; KOLVOORD, B.; MOORE, S.; SINTON, D., y UTTAL, D. (2014). A Research Agenda for Geospatial Technologies and Learning. *Journal of Geography*, 114(3), 118-130. Doi: 10.1080/00221341.2014.950684.

BAKER, T. R., y LANGRAN, E. (2016). «Reflections on Editing the Special CITE Issue-Geospatial Technologies in Teacher Education». *Conference of the Society for Information Technology and Teacher Education (SITE)*. Savannah (GA, EE.UU.): SITE.

BEDNARZ, S. W. (2004). Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education? *GeoJournal*, 60, 191-199.

BOIX, G., y OLIVELLA, R. (2007). «Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG (Portal Educativo en SIG)». *VII Congreso Nacional de Didáctica de la Geografía. Ciudadanía y Geografía*. Valencia: Universidad de Valencia.

BRIONES, G. (1996). *Metodología de la investigación cuantitativa en ciencias sociales* (vol. 3). Bogotá: ICEFS.

CASTAÑEDA, M. B.; CABRERA, A. F.; NAVARRO, Y., y DE VRIES, W. (2010). *Procesamiento de datos y análisis estadístico utilizando SPSS*. Porto Alegre: EDIPUCRS.

CENTRAL INTELLIGENCE AGENCY (2016). The World Factbook-Germany. Recuperado de <https://www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/gm.html> (Consulta, 27 de abril de 2017).

COHEN, L.; MANION, L., y MORRISON, K. (2000). *Research Methods in Education* (5.ª ed.). Londres: Routledge/Falmer.

COOMBS, C. (1953). Theory and methods of social measurement. En: FESTINGER, L., y KATZ, D. (ed.). *Research methods in the behavioural science* (pp. 471-535). Nueva York: Holt, Rinehart & Winston.

CORBETTA, P. (2010). *Metodología y técnicas de investigación social* (2.ª ed.). Madrid: McGraw Hill.

COSCULLUELA, A., y LÓPEZ, O. (2012). Estimación por intervalo, pruebas de conformidad y determinación de la muestra. En: PERÓ, M.; LEIVA, D.; GUÀRDIA, J., y SOLANAS, A. (coord.). *Estadística aplicada a las ciencias sociales mediante R y R-Commander* (1.ª ed., pp. 229-264). Madrid: Garceta.

DAVIS, F. D. (1989). Perceived Usefulness, Perceived Ease of Use, and User Acceptance of Information Technology. *MIS Quarterly*, 13(3), 319-340.

- DE LÁZARO, M. L., y GONZÁLEZ, M. J. (2005). La utilidad de los sistemas de información geográfica para la enseñanza de la Geografía. *Didáctica Geográfica*, 7, 105-122.
- 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: MILSON, A. J.; DEMIRCI, A., y KERSKI, J. J. (ed.). *International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools* (pp. 243-253). Países Bajos: Springer.
- DEMIRCI, A., y KARABURUN, A. (2009). How to Make GIS a Common Educational Tool in Schools: Potentials and Implications of the GIS for Teachers Book for Geography Education in Turkey. *Ozean Journal of Applied Sciences*, 2(2), 205-215.
- FAVIER, T. T., y VAN DER SCHEE, J. A. (2009). Learning geography by combining fieldwork with GIS. *International Research in Geographical and Environmental Education*, 18(4), 261-274. Doi: 10.1080/10382040903251091.
- FITZPATRICK, C., y MAGUIRE, D. J. (2000). GIS in schools: Infrastructure, methodology and role. En: GREEN, D. R. (ed.). *GIS: A Sourcebook for Schools* (pp. 61-62). Nueva York: Taylor and Francis.
- FOWLER, F. J. (2002). *Survey Research Methods* (3.ª ed.). Thousand Oaks (CA, EE.UU.): Sage.
- HARRISON, C. (2007). «Program on Survey Research. Tip Sheet on Question Wording». Harvard University. Recuperado de [https://psr.iq.harvard.edu/files/psr/files/PSRQuestionnaireTip-Sheet\\_0.pdf](https://psr.iq.harvard.edu/files/psr/files/PSRQuestionnaireTip-Sheet_0.pdf) (Consulta, 27 de abril de 2017).
- HERNÁNDEZ, R.; FERNÁNDEZ, C., y BAPTISTA, P. (1997). *Fundamentos de metodología de la investigación* (2.ª ed.). Colombia: McGraw Hill.
- HÖHNLE, S.; MEHREN, R., y SCHUBERT, J. C. (2015). Teachers' Perspectives on Teacher Training for Better Implementation of GIS in the Geography Classroom. *GI\_Forum-Journal for Geographic Information Science*, 1, 363-372. Doi: 10.1553/giscience2015s363.
- HÖHNLE, S.; SCHUBERT, J. C., y UPHUES, R. (2011). Barriers to GI(S) Use in Schools –A Comparison of International Empirical Results. En: JEKEL, T.; KOLLER, A.; DONERT, K., y VOGLER, R. (ed.). *Learning with GI 2011* (vol. 6, pp. 124-132). Berlín-Offenbach: VDE.
- JOHANSSON, T. (ed.) (2006). *GISAS project: Geographical information systems applications for Schools*. Helsinki: University of Helsinki.
- KERSKI, J. J. (2008). The role of GIS in Digital Earth education. *International Journal of Digital Earth*, 1(4), 326-346. Doi: 10.1080/17538940802420879.
- KERSKI, J. J.; DEMIRCI, A., y MILSON, A. J. (2013). The Global Landscape of GIS in Secondary Education. *Journal of Geography*, 112(6), 232-247. Doi: 10.1080/00221341.2013.801506.
- KITCHENHAM, B. A.; PICKARD, L. M.; MACDONELL, S. G., y SHEPPERD, M. J. (2001). What Accuracy Statistics Really Measure. *IEE Proceedings: Software*, 148(3), 81-85. Doi: 10.1049/iip-rsn:20010506.
- 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. Doi: 10.1080/10382040802591555.
- LAY, J.-G.; CHI, Y. L.; HSIEH, Y. S., y CHEN, Y. W. (2013). What influences geography teachers' usage of geographic information systems? A structural equation analysis. *Computers & Education*, 62, 191-195.
- LIKERT, R. (1976). Una técnica para la medición de actitudes. En: WAINERMAN, C. (comp.). *Escalas de medición en ciencias sociales* (pp. 199-260). Buenos Aires: Nueva Visión.
- MINISTERIUM FÜR KULTUS, JUGEND UND SPORT BADEN-WÜRTTEMBERG (2016). «Bildungsplan 2016. Allgemein bildende Schulen Gymnasium, Endfassung. Geographie. Ministerium für Kultus, Jugend und Sport Baden-Württemberg». Recuperado de <http://www.bildungsplaene-bw.de> (Consulta, 27 de abril de 2017).
- NIETO, G. (2016). «Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la Geografía de la educación secundaria». Barcelona: Universidad de Barcelona. (Tesis doctoral.) Recuperado de <http://www.tdx.cat/handle/10803/400097> (Consulta, 27 de abril de 2017).
- PALLANT, J. (2010). *SPSS Survival Manual* (4.ª ed.). Maidenhead (Reino Unido): McGraw Hill.
- PÉREZ, C. (2005). *Revoluciones tecnológicas y capital financiero: La dinámica de las burbujas financieras y las épocas de bonanza*. México: Siglo XXI.
- RODRÍGUEZ, D., y VALLDEORIOLA, J. (2009). «Metodología de la investigación». Universitat Oberta de Catalunya. Recuperado de [http://www.zanadoria.com/syllabi/m1019/mat\\_cast-nodef/PID\\_00148556-0.pdf](http://www.zanadoria.com/syllabi/m1019/mat_cast-nodef/PID_00148556-0.pdf) (Consulta, 27 de abril de 2017).
- ROGERS, E. M. (2003). *The Diffusion of Innovations* (5.ª ed.). Nueva York: The Free Press.
- RUBIO, M. J.; RUIZ, A., y MARTÍNEZ-OLMO, F. (2016). Percepción del alumnado sobre la utilidad de las actividades de aprendizaje para desarrollar competencias. *Revista de Investigación Educativa*, 34(1), 221-240.
- RUIZ, A. (2009). Método de encuesta: Construcción de cuestionarios, pautas y sugerencias. *Revista d'Innovació i Recerca en Educació*, 2, 96-110.
- SERRAL, I.; VINYOLI, J., y PONS, X. (2010). «Geographic Information Systems (GIS) and land awareness: an educational program for secondary education. A case study in Catalonia, Spain». *Seventh European GIS Education Seminar*. Serres (Grecia): Technological Educational Institute of Central Macedonia. Recuperado de [http://www.eugises.eu/proceedings2010/SERRAL\\_eugises2010.pdf](http://www.eugises.eu/proceedings2010/SERRAL_eugises2010.pdf) (Consulta, 27 de abril de 2017).
- SERVICIOS DE OPTIMIZACIÓN Y ESTADÍSTICA (2008). Optimización y estadística – Valores outliers. Recuperado de <https://>

[optyestadistica.wordpress.com/2008/10/04/valores-outliers/](http://optyestadistica.wordpress.com/2008/10/04/valores-outliers/) (Consulta, 27 de abril de 2017).

SOLANAS, A., y GUÀRDIA, J. (2012). Modelos de regresión lineal. En: PERÓ, M.; LEIVA, D.; GUÀRDIA, J., y SOLANAS, A. (coord.). *Estadística aplicada a las ciencias sociales mediante R y R-Commander* (1.ª ed., pp. 433-497). Madrid: Garceta.

STRACHAN, C. (2014). «Teachers' perceptions of ESRI story maps as effective teaching tools». Columbia (SC, EE.UU.): University of South Carolina. (Tesis de máster.)

THAYER-HART, N.; DYKEMA, J.; ELVER, K.; SCHAEFFER, N. C., y STEVENSON, J. (2010). «Survey Fundamentals. A guide to designing and implementing surveys». University of Wisconsin-Madison. Recuperado de [https://oqi.wisc.edu/resource/library/uploads/resources/Survey\\_Guide.pdf](https://oqi.wisc.edu/resource/library/uploads/resources/Survey_Guide.pdf) (Consulta, 27 de abril de 2017).

VENKATESH, V.; MORRIS, M. G.; DAVIS, G. B., y DAVIS, F. D. (2003). User Acceptance of Information Technology: Toward a Unified View. *MIS Quarterly*, 27(3), 425-478.

VIEHRIG, K. (2014). «Exploring the effects of GIS use on students' achievement in geography». Heidelberg: Pädagogische Hochschule Heidelberg. (Tesis doctoral.)

VIEHRIG, K., y SIEGMUND, A. (2012). Germany: Diverse GIS implementations within a diverse educational landscape. En: MILSON, A. J.; DEMIRCI, A., y KERSKI, J. J. (ed.). *International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools* (pp. 107-113). Países Bajos: Springer.

VILÀ, R., y BISQUERRA, R. (2004). El análisis cuantitativo de los datos. En: BISQUERRA, R. (coord.). *Metodología de la investigación educativa* (pp. 259-271). Madrid: La Muralla.