UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE EDUCACIÓN



TESIS DOCTORAL

El uso educativo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) para mejorar la responsabilidad social de los ciudadanos del siglo XXI sobre el territorio

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Javier Álvarez Otero

Directora

María Luisa de Lázaro Torres

Madrid

© Javier Álvarez Otero, 2020

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE EDUCACIÓN

Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas



TESIS DOCTORAL

El uso educativo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) para mejorar la responsabilidad social de los ciudadanos del siglo XXI sobre el territorio

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR

PRESENTADA POR

Javier Álvarez Otero

DIRECTORA

Dra. María Luisa de Lázaro Torres

Madrid

2020

AGRADECIMIENTOS

Siempre mis abuelos y mis padres me han transmitido lo que dice el refrán español: “es de bien nacido, ser agradecido”. En estas líneas me gustaría dar las gracias a todas aquellas personas que han hecho posible la realización de la presente tesis doctoral.

A mi directora la profesora Dra. María Luisa de Lázaro Torres, por su dedicación, entrega, pasión y compromiso para que la tesis saliera hacia delante. Gracias también por los ánimos y las ganas de trabajar.

A mi tutora la profesora Dra. María Jesús Marrón Gaite por su guía, sus recomendaciones y sus consejos-

Al grupo GEODIDAC, por darme la oportunidad de colaborar y participar en los resultados de los proyectos llevados a cabo durante estos años.

A la asociación de geógrafos europeos EUROGEO, porque fue el punto de partida en aquel congreso celebrado en Málaga en el año 2016; y al proyecto GI-Learner, por participar y colaborar en la consecución de sus objetivos.

Al tribunal que leerá y observará los resultados de la presente tesis, mostrándoles siempre mi gratitud

A los coordinadores del programa de Doctorado en Educación, el profesor Dr. Marino Fernández-Enguita y a la profesora Dra. María Inmaculada Egido Gálvez, por darme la oportunidad de crear conocimiento científico y poder comunicarlos en los *Ph-Day* de todos estos años. A la secretaría de la Facultad de Educación, particularmente a Teresa Escoda Marti por su atención y amabilidad.

A mis alumnos y alumnas que tanto han disfrutado y que tanto han preguntado por la tesis. Estos resultados no sólo son míos, son también de ellos.

A mis compañeros y compañeras del colegio por reflexionar y querer conocer cada paso de la elaboración de la tesis.

A mi maestra Paquita, que me hizo darme cuenta que mi pasión y vocación era ser profesor de Geografía e Historia. A mis profesoras Amparo Zuasti y Marisa Rodríguez-Monge porque siempre supieron sacar de mí: mi mejor versión, por su cariño, su profesionalidad y por estar siempre ahí, no sólo como referentes profesionales sino también personales.

A mi familia: a mi mujer, Sandra, gracias por tu comprensión y paciencia, a mis hijos: Jimena, por su simpatía y su cariño en mis piernas cuando trabajo frente al ordenador, y Pablo, por darme la fuerza y el valor que tú tuviste durante tus primeros meses.

A mis padres, por apoyarme siempre, desde mis inicios, por educarme sencillamente, por saber que el trabajo, el esfuerzo y la constancia son valores que aprendí de vosotros.

A mi hermano, por demostrar tu generosidad y el saber estar ahí siempre que le necesito.

A mi mujer, Sandra
y a mis hijos: Jimena y Pablo

A mis padres y hermano

A mi familia

A mis profesores y maestras

A mis alumnos y alumnas

ÍNDICE

RESUMEN 8

ABSTRACT 11

INTRODUCCIÓN GENERAL EN LA QUE SE COMENTAN LAS PUBLICACIONES APORTADAS Y SE JUSTIFICA LA UNIDAD TEMÁTICA DE LA TESIS 13

1 INTRODUCCIÓN Y ESTRUCTURA DE LA TESIS 21

1.1 Exposición de necesidades y oportunidad de la tesis 21

1.1.1 La utilidad de los datos abiertos u open data en las aulas y las SIG Web como herramientas facilitan su empleo 22

1.1.2 Educar en responsabilidad social para colaborar en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 26

1.1.3 El alumnado debe adquirir competencias digitales, espaciales y sociales a través de las oportunidades del currículum 28

1.1.4 La formación integral del profesorado debe responder a los retos anteriores 30

1.2 Objetivos e hipótesis 31

1.2.1 Objetivos generales y específicos 31

1.2.2 Hipótesis 33

1.3 Diseño de la investigación 35

1.3.1 Recopilación, revisión y actualización del estado de la cuestión (fuentes secundarias) 36

1.3.2 Aplicación de técnicas de recopilación de datos (fuentes primarias) 37

1.3.3 Elaboración y diseño de las intervenciones de aula basadas en la investigación-acción (comprobación de hipótesis y resultados de investigación) 40

1.3.4 Construcción de un modelo docente (resultado de investigación) 42

1.3.5 Otros medios empleados 42

1.4 Estructura de la tesis 43

2 ACTUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN 44

2.1 Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) al servicio de una ciudadanía responsable 44

2.1.1 La geoinformación *open*, un servicio al alcance de todos 45

2.1.2 La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) 51

2.1.3 Las SIG Webs en el ecosistema de datos abiertos 59

2.2 La responsabilidad social sobre el territorio y su vinculación con los ODS 63

2.2.1 La responsabilidad social como enfoque transformacional 63

2.2.2 Educar en la sostenibilidad: Los Objetivos de Desarrollo Sostenible 65

2.2.3 El razonamiento geoespacial contribuye a diseñar acciones responsables sobre el territorio 68

2.3 Oportunidades y claves del currículum para una ciudadanía global 71

2.3.1 La legislación educativa española y su relación con la tecnología, los datos abiertos y la responsabilidad social 71

2.3.2 Oportunidades de aplicación en 3º de E.S.O. en Castilla y León 76

2.3.3 Las competencias digitales, geoespaciales y sociales: elementos clave 78

2.4 La necesaria formación del profesorado 79

2.4.1 El Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores favorece la integración de las TIC y las TAC en la formación del profesorado 80

2.4.2 Técnicas docentes en el uso de las SIG Webs en las aulas 85

2.4.3 Evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje: elemento clave en proyectos que integren los datos de las IDE y la responsabilidad social 91

3 LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN EXIGEN IMPLEMENTAR INTERVENCIONES EN EL AULA 94

3.1 Intervención inicial: Un país en la mochila 95

3.1.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados 95

3.1.2 Objetivos de investigación 96

3.1.3 Descripción de la actividad, curso al que va destinada y muestra empleada 96

3.1.4 Objetivos de aprendizaje para los estudiantes 97

3.1.5 Método 98

3.1.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental) 101

3.1.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial 106

3.2 Intervenciones procesuales: Un paisaje, un tesoro 110

3.2.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados 110

3.2.2 Objetivos de investigación 111

3.2.3 Descripción de las actividades, curso al que va destinada y muestra empleada 111

3.2.4 Objetivos de aprendizaje para los estudiantes 113

3.2.5 Método 114

3.2.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental) 129

3.2.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial 144

3.3 Intervención final: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país? ¿y nuestro barrio? 148

3.3.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados 148

3.3.2 Objetivos de investigación 151

3.3.3 Descripción de la actividad, curso al que va destinada y muestra empleada 151

3.3.4 Objetivos de aprendizaje 152

3.3.5 Método 153

3.3.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental) 158

3.3.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial 162

4 DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS 164

4.1 Grado de conocimiento sobre IDE de los profesores de secundaria 165

4.2 Grado de idoneidad del empleo de los geodatos ofrecidos por los servicios de las IDE en las aulas de Geografía. 171

4.3 La responsabilidad social del alumnado desarrollando competencias digitales, espaciales y sociales mejora tras las intervenciones en el aula empleando geodatos procedentes de las IDE. 173

4.3.1 Los geodatos procedentes de los servicios de las IDE y la tecnología SIG Web son muy útiles en las aulas docentes 175

4.3.2 Es posible impulsar la responsabilidad social del alumnado como valor transformador a través del conocimiento de los indicadores de logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) 177

4.3.3 Los resultados de aprendizaje muestran la adquisición de competencias digitales, sociales (competencias en sostenibilidad) y geoespaciales, así como las propias del currículum escolar 178

4.3.4 El análisis de resultados de varones y mujeres 183

4.3.5 Valoración global de las intervenciones en el aula 183

4.4 Modelo docente que integre las IDE en la docencia e impulse la responsabilidad social del alumnado 185

4.4.1 Plan de formación del profesorado 186

4.4.2 Modelo docente 188

5 CONCLUSIONES 197

COMPENDIO DE PUBLICACIONES PRESENTADAS 200

Artículo n.º 1. Álvarez Otero, Javier y Lázaro y Torres, María Luisa de (2017). Spatial Data Infrastructure and Geography Learning. *European Journal of Geography 8*(3), 19-29. ISSN: 1792-1341. 200

Artículo n.º 2. Álvarez Otero, Javier y Lázaro Torres, María Luisa de (2019). "Las infraestructuras de datos espaciales, un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* (82), 2787, 1-32. https://doi.org/10.21138/bage.2787 ISSN: 2605-3322. 213

Artículo n.º 3. Álvarez Otero, Javier, Lázaro y Torres, María Luisa y González González, María Jesús (2018a). A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. E*uropean Journal of Geography, 9*(2), 6-20. ISSN 1792 1341 247

Artículo n.º 4. Álvarez-Otero, Javier y Lázaro y Torres, María Luisa de (2018b). Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Educ. Sci., 8*(171), 1-14. https://doi.org/10.3390/educsci8040171 ISSN 2227-7102. 265

REFERENCIAS 282

ÍNDICE DE TABLAS 316

ÍNDICE DE FIGURAS 317

ÍNDICE DE GRÁFICOS 318

ANEXOS 319

Anexo I. Ejemplo de actividades con el visor SignA empleando la IDEE 320

Anexo II. Normativa legal del primer nivel de concreción curricular 322

Anexo III. Conceptos relacionados con la sostenibilidad en el marco legislativo en el que se han llevado a cabo las actividades docentes. 330

Anexo IV. Esquema para el análisis y comentario de una SIG Web o mapa web 334

Anexo V. Rúbrica del trabajo escrito de la intervención inicial: Un país en la mochila 335

Anexo VI. Rúbrica de la construcción de una SIG Web con los geodatos procedentes de los servicios de las IDE 336

Anexo VII. Rúbrica de la exposición oral 337

Anexo VIII. Prueba escrita para ambos grupos - control y experimental - en la intervención inicial 339

Anexo IX. Normas APA versión resumida para los estudiantes 340
Anexo X. Rúbrica para el análisis y comentarios de paisajes representados en una SIG Web 341
Anexo XI. Cuaderno de equipo de cada estudiante en el trabajo cooperativo para la coevaluación diaria 342
Anexo XII. Lista de chequeo de tareas y de sesiones del trabajo cooperativo con escala Likert para poner la calificación y observaciones en el cuaderno de equipo 343
Anexo XIII. Autoevaluación en un debate realizada con la herramienta Formularios de Google 344
Anexo XIV. Rúbrica de un informe escrito con preguntas geográficas 345
Anexo XV. Rúbrica de cuaderno de campo en una salida didáctica 346
Anexo XVI. Prueba escrita para ambos grupos (control y experimental) - en las intervenciones procesuales 347
Anexo XVII. Planificación y diseño de la experiencia final: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país? ¿y nuestro barrio? 348
Anexo XVIII. Cuestionario inicial sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la intervención final realizado en la herramienta Kahoot 356
Anexo XIX. Ejemplo de un informe de un estudiante como evidencia del portfolio de los ODS 357
Anexo XX. Carta de un grupo de estudiantes al Complejo Asistencial de Ávila 363
Anexo XXI. Prueba final en la intervención final para el grupo experimental 364

RESUMEN

La presente tesis doctoral se centra en las ventajas del empleo de los datos abiertos, actualizados y gratuitos provenientes de los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), en general, y de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), en particular, en las aulas docentes de Geografía. Este recurso es una valiosa herramienta para que el alumnado de secundaria adquiera un riguroso y preciso conocimiento territorial con el que sea posible plantear acciones de intervención responsable. Se busca así un aprendizaje integral y solidario con la sociedad vinculado a aspectos de sostenibilidad y a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), lo que se ha considerado como responsabilidad social sobre el territorio. Para ello, se han diseñado intervenciones en el aula que emplean distintas estrategias pedagógicas y el uso de mapas Web con la tecnología SIG Web, que permiten obtener, analizar y presentar los datos proporcionados por los servicios IDE.

Se parte de la hipótesis de que el profesorado tiene un conocimiento escaso o nulo de las herramientas y recursos IDE, y por tanto de su potencialidad para una docencia relacionada con el conocimiento territorial. El empleo de las IDE ofrece múltiples ventajas que proceden de sus propias características, como son: la actualización y calidad de los datos, mantenidos por el organismo responsable de los mismos; la interoperabilidad, que permite integrar datos de distintas fuentes en un mismo mapa web y analizar así un volumen considerable de datos. El conocimiento sobre el territorio, con los datos aportados por los servicios de las IDE, mejora su comprensión por parte de los estudiantes. De este modo, los geodatos o datos geolocalizados ofrecidos por las IDE favorecen la adquisición de competencias digitales, geoespaciales y sociales, como ha quedado demostrado a través de las distintas intervenciones en el aula. Además, los estudiantes son capaces de plantear acciones sostenibles sobre el territorio, contribuyendo así a la consecución de las metas que proponen los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), en el marco de la Agenda 2030 (UNESCO).

Las intervenciones en el aula que ratifican las hipótesis se han realizado en tres líneas: actividades de iniciación a las IDE (intervención que se ha llamado inicial), actividades

cuyo resultado supone una profundización en distintos aspectos territoriales y de sostenibilidad (intervención procesual) y actividad global que integra los objetivos de la tesis que pasan por la adquisición de competencias para la sostenibilidad (intervención final).

Todos estos resultados de investigación han sido probados a través de diferentes técnicas metodológicas, como la búsqueda de literatura preexistente sobre el objeto de estudio, encuestas y cuestionarios a profesores en ejercicio y futuros profesores, técnica Delphi a expertos en las IDE y docentes que emplean Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) en su práctica docente, y por último, el diseño de intervenciones de aula en el marco de la investigación - acción.

Considerando los resultados de investigación anteriores en relación al conocimiento de las IDE por parte del profesorado y la potencialidad de esta herramienta para la docencia, se han detectado necesidades muy concretas de formación del profesorado, por lo que se propone un modelo docente acompañado de un plan de formación, que facilite el objetivo general de la tesis: la integración en las aulas docentes de los geodatos proporcionados por los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) para impulsar la responsabilidad social y contribuir al logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Se ha construido este modelo docente a partir de los resultados del análisis del conocimiento del profesorado sobre las IDE y las competencias en sostenibilidad, buscando que sea viable desde el punto de vista pedagógico, técnico y social en el marco curricular. Los pilares o elementos clave seleccionados en los que se ha considerado que se debe apoyar dicho modelo son: tecnología, pedagogía, conocimiento científico y responsabilidad social.

Se demuestra así que el empleo de las IDE y las SIG Webs son útiles para educar a los estudiantes en la responsabilidad social sobre el territorio que los ODS fomentan, siempre y cuando se cuente con un profesorado bien formado en ellas, lo que pasa por impulsar la competencia digital docente (CDD).

Así, la formación del profesorado será la pieza clave para integrar eficazmente los datos proporcionados por las IDE en la docencia, lo que supone el empleo de datos primarios

de calidad contrastada, impulsar la responsabilidad social del alumnado sobre el territorio en el contexto de los ODS y la invitación a un cambio de actitudes en los estudiantes, además se abunda en los estándares de la Competencia Digital Docente (CDD) contribuyendo al debate actual.

Palabras clave: Infraestructuras de Datos Espaciales, SIG Web, sostenibilización curricular, Objetivos de Desarrollo Sostenible, modelo docente, competencias, educación geográfica.

ABSTRACT

The Ph.-D thesis focuses on the advantages of using of open, updated and free data from the services of Spatial Data Infrastructures (SDI), in general, and of the Spanish SDI, in particular, in Geography teaching classrooms. This resource is a valuable tool for secondary-school students to acquire a rigorous and precise territorial knowledge with which it is possible to design responsible intervention actions. The aim is to get comprehensive and supportive learning with society linked to sustainability aspects and the Sustainable Development Goals (SDG), which has been considered as social responsibility over the territory. For this, classroom interventions have been designed which employ different pedagogical strategies and the use of Web maps with Web GIS technology, which allow to obtain, analyse and share the data provided by SDI services.

It is based on the hypothesis: teachers lack of knowledge about SDI tools and resources, and therefore their potential for a teaching related with territorial knowledge. The use of SDI offers multiple advantages come from its own characteristics, such as: the updating and quality of the data, maintained by the body responsible for them; interoperability, which allows data from different sources to be integrated into the same Web map and thus, analyse a considerable volume of data. Students' territorial understanding improve using data provided by SDI services. In this way, the geodata or geolocated data offered by the SDI enhance digital, geospatial and social competencies, as it is demonstrated through the different interventions in the classroom. In addition, students are able to undertake sustainable actions on the territory and contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDGs) under the framework of 2030 Agenda (UNESCO).

Classroom interventions confirm hypotheses have been carried out in three ways: initiation activities to SDI (intervention has been called initial), activities whose result led to a deepening of different territorial and sustainability aspects (procedural intervention) and a global activity which integrates the objectives of the thesis that go through the acquisition of competences for sustainability (final intervention).

All these research results have been tested through different methodological techniques, such as the search for preexisting literature on the subject of study, inquiries and questionnaires to in service and future teachers, Delphi technique to SDI experts and teachers who employ geotools in their teaching practice, and finally, the design of classroom interventions in the framework of research - action.

Considering the previous research results in relation to teacher knowledge about SDI and the potential of this teaching tool, very specific teacher training needs have been identified, so a teaching model is proposed accompanied by a training plan, which facilitates the overall objective of the thesis: the integration into the teaching classrooms of geodata provided by Space Data Infrastructure (SDI) services to foster responsibility and contribute to the achievement of the Sustainable Development Goals (SDG). This teaching model has been built on the results of the analysis of teachers' knowledge of SDI and sustainability competencies, seeking to make it feasible from a pedagogical, technical and social point of view in the curriculum framework. The selected key elements as pillars for this model has been: technology, pedagogy, scientific knowledge and social responsibility.

The use of SDI and Web GIS are useful for educating students in social responsibility about the territory and the SDG foster. A well-trained teaching staff will help, these means to promote digital teacher competency (DTC).

Thus, teacher training will be the key part of integrating the data provided by SDI into teaching effectively, which involves the use of primary data of proven quality, boosting the social responsibility of students on the territory in the context of the SDG and the invitation to a change of attitudes in students, and it is also abounded in the standards of the Digital Teaching Competency (DTC).

Keywords: Spatial Data Infrastructures, Web GIS, curricular sustainability, Sustainable Development Goals, teaching model, competencies, geographical teaching

INTRODUCCIÓN GENERAL EN LA QUE SE COMENTAN LAS PUBLICACIONES APORTADAS Y SE JUSTIFICA LA UNIDAD TEMÁTICA DE LA TESIS

El trabajo que se presenta defiende que los datos abiertos ofrecidos gratuitamente por los geoportales de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y actualizados en tiempo real por los organismos responsables de los mismos, favorecen una mejor comprensión del territorio, lo que puede contribuir a incrementar la responsabilidad social sobre el mismo. Esta responsabilidad social del territorio, que se deriva de un mejor conocimiento del mismo, comprende una dimensión socioeconómica y otra ambiental, por lo que en esta tesis se ha vinculado a aspectos de sostenibilidad y por tanto, a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Se trata de una original tesis que trabaja un recurso, las IDE, de gran potencial didáctico para estudiar el territorio e impulsar la responsabilidad social sobre el mismo, cuya integración en el proceso de enseñanza-aprendizaje en la educación secundaria todavía no se ha realizado empleando SIG Webs. Su aportación principal es el empleo educativo de las IDE como herramienta para un mejor conocimiento territorial orientado a la responsabilidad social que un conocimiento riguroso del mismo conlleva. No existe literatura científica específica que establezca relaciones entre Educación geográfica-IDE (SIG Webs) y ODS versus responsabilidad social.

El empleo de las IDE ofrece múltiples ventajas innatas a sus propias características, como son la actualización y calidad de los datos, la interoperabilidad, que permite integrar los datos procedentes de distintas fuentes en un mismo mapa y analizar así un mayor volumen de datos para obtener con ellos mejores conclusiones y la gratuidad en el acceso a sus contenidos.

Todo ello con el objetivo de que los estudiantes adquieran un conocimiento territorial más preciso, acompañado por una mejora de las competencias digitales, espaciales y

sociales, que están en la base de los futuros trabajos del siglo XXI, que exigen colaboración, cooperación y responsabilidad.

Con esta finalidad, se han diseñado distintas intervenciones de aula en las que se aúnan todos estos elementos para evidenciar los problemas territoriales y sociales que muestran las carencias y necesidades socioeconómicas y ambientales a partir de la geoinformación de calidad de los servicios ofrecidos por una IDE. Los datos referidos a un territorio concreto se conocen como geodatos (https://idearagon.aragon.es/portal/geodatos.jsp) y permiten el conocimiento del estado de la consecución de los ODS en distintas escalas, desde la local hasta una escala global. Para ello se trabajará principalmente con las Infraestructuras de datos Espaciales de España (IDEE), ya que es éste el ámbito territorial más empleado en el currículum escolar vigente, aunque no se descartan otras escalas territoriales más globales.

Las IDE exigen una herramienta capaz de conectarse a sus servicios para la obtención, procesamiento y presentación de los datos que ofrecen. Para ello se ha escogido ArcGIS Online, un SIG en la nube o SIG Web que se ofrece gratuitamente por la Compañía ESRI a los centros escolares y es de muy sencillo manejo. Con ella es posible integrar capas de datos sobre distintos temas y procedencias en una sola aplicación web (Buzo, 2019). Si bien, se ha probado su empleo con otras herramientas, como por ejemplo las creadas por el Instituto Geográfico Nacional, como el Sistema de Información Geográfica Nacional (SignA) (Lázaro, Álvarez y González, 2015), que aunque se ha comprobado que ofrece mayores dificultades de manejo para escolares permite diseñar actividades dentro del currículum (Anexo I); y el visor Iberpix4 (Crespo, 2020), con una interface muy amigable, pero unas posibilidades de interacción más limitadas en su versión actual que ArcGIS Online. Las herramientas de Google (*MyMaps, Google Maps, Google Earth*…) ofrecen también unas limitadas posibilidades, por ejemplo, en el establecimiento de las leyendas y en la elección de la escala en los intervalos de los datos, respecto a la herramienta elegida.

Las intervenciones de aula diseñadas han demostrado que es posible emplear los datos procedentes de los servicios de las IDE como recurso docente, y que la existencia de una formación básica del profesorado es una pieza esencial que conllevaría a una mejor y natural integración en la docencia de los datos georreferenciados o geodatos que los servicios IDE ofrecen. De este modo, además se sacaría mayor provecho a las inversiones públicas que han dado lugar a la gran cantidad de datos abiertos, interoperables y accesibles de las IDE.

El desarrollo de la tesis nos lleva a ratificar la importancia de que los estudiantes manejen geodatos de fuentes primarias y de calidad demostrada, como son los proporcionados por los servicios IDE, y puedan así formar un pensamiento crítico basado en un conocimiento riguroso. Además, con el manejo de distintas fuentes pueden practicar la reflexión sistémica que los haga capaces de diseñar acciones relacionadas con la responsabilidad social sobre el territorio hacia las generaciones presentes y futuras, que puedan conllevar a tomar decisiones colaborativas.

La tesis demuestra que el empleo de herramientas libres y abiertas, como las IDE y las SIG Webs, son útiles para educar a los estudiantes en la responsabilidad social que los ODS fomentan, siempre y cuando se cuente con un profesorado bien formado en ellas, lo que pasa por impulsar la competencia digital docente (CDD).

Para ello, el doctorando aporta las siguientes publicaciones que dan respuesta a las hipótesis de su trabajo, indicando los indicios de calidad: factor de impacto, área y posición de la revista frente al total de revistas de dicho área y citas en revistas JCR y SJR:

Hipótesis n.º 1. El profesorado tiene un conocimiento escaso o nulo sobre las IDE, lo que hace que desaproveche las oportunidades que ofrecen, lo que ha supuesto responder a ¿qué grado de conocimiento sobre las IDE tienen los profesores de secundaria?, ¿qué es una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) y cómo funciona?, ¿existen ejemplos docentes en geografía en los que se emplean las IDE? En este artículo n.º 1 de la tesis se investigan todas estas cuestiones. Se han detectado algunas iniciativas que integran las IDE al margen de la herramienta empleada en esta tesis (ArcGIS Online), las ventajas e

inconvenientes de la integración de los geodatos ofrecidos por los servicios IDE y la valoración de su potencial en educación.

- Artículo n.º 1. Álvarez Otero, J. y Lázaro y Torres, M.L. de (2017). Spatial Data Infrastructure and Geography Learning. *European Journal of Geography 8*(3), 19-29. ISSN 1792-1341. Indexado en SCOPUS con SNIP = 0.832, SCImago Journal & Country Rank (SJR) año 2017 0.22 en categoría Geography, Planning and Development Q3, 404/699. La revista cuenta con un índice H de 7. https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100301417&tip=sid&clean=0 . La revista pertenece a la Asociación de Geógrafos Europeos (The European Association of Geographers, EUROGEO) y está en SCOPUS desde el año 2014. Está gestionada por profesores de distintas universidades europeas. El artículo tiene 11 citas, de las cuales 3 están en artículos con impacto en JCR, 3 son capítulos de libros indexados en WOS, 2 en SCOPUS y 3 en otras indexaciones. (nº de descargas: 231 al 31 julio 2020) ver aquí

Hipótesis n.º 2. El conocimiento sobre el territorio, con los datos aportados por los servicios de las IDE, mejora su comprensión por parte de los estudiantes. La hipótesis responde a la pregunta ¿Son útiles las IDE para el conocimiento territorial y para la enseñanza de la Geografía? Se ha indagado sobre la utilidad de las IDE en la enseñanza de la Geografía para mejorar la precisión en el conocimiento del territorio. Lo que se ha realizado a través de la técnica cualitativa Delphi, en la que expertos en el tema han dado su opinión hasta llegar a un consenso, lo que se ha plasmado en el artículo n.º 2. En él se ha actualizado además el estado del arte analizando algunas iniciativas que emplean las IDE en las aulas de secundaria, empleando herramientas diferentes a ArcGIS Online.

- Artículo n.º 2. Álvarez Otero, Javier y Lázaro Torres, María Luisa de (2019). "Las infraestructuras de datos espaciales, un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles 82*, 2787, 1-32.

https://doi.org/10.21138/bage.2787 ISSN 2605-3322. Los datos de impacto e indexación para 2019 son, en WOS categoría Geography, Planning and Development, factor de impacto JCR en 2019 = 0.684 y posición de la revista Q4. El índice SJR es de 0.267, rank 407/679, Q3, CiteScore 0.9 y SNIP 0.540 e índice H = 17 https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=9100153110&tip=sid&clean=0. Se trata de la revista española de geografía mejor posicionada dentro de los rankings internacionales. En FECYT se ha renovado el sello de calidad 2019 de las revistas científicas españolas con una puntuación de 78.99 (Q1). Página Web de la revista: https://bage.age-geografia.es/ojs/index.php/bage Bases de datos en las que está indexada: Scopus, Social Science Citation Index, Academic Search Premier, Fuente Academica Plus, DOAJ, DIALNET, ERIH PLUS, Sello de calidad de la FECYT. Índice H5 (Google Scholar Metrics) = 12. Ha sido incluida por la ANVUR italiana como revista de clase A. Ha mejorado su clasificación global en el ranking iberoamericano de revistas (REDIB).
El artículo ha sido citado al menos 3 veces, 1 en una revista con impacto en JCR y 2 en otras revistas.

Hipótesis n.º 3. La responsabilidad social de la ciudadanía sobre el territorio, entendida como colaboración en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y el cambio de actitudes para transformar el territorio pueden mejorar tras las intervenciones en el aula empleando los geodatos ofrecidos por los servicios de las IDE.
En este caso se responde a la pregunta ¿Cómo diseñar una intervención de aula para alcanzar los objetivos propuestos? Se muestran algunos ejemplos de actividades y acciones que emplean las IDE en distintos contextos docentes del currículum actual de secundaria. Se han diseñado dos modelos principales de intervenciones de aula, uno relacionado con el trabajo de campo al aire libre (Parque Nacional de las Tablas de Daimiel) (artículo n.º 3), y otro ejemplo relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, para el que se ha empleado el modelo docente TPACK que integra

tecnologías, contenidos y pedagogía (artículo n.º 4). En ellos se identifican estrategias pedagógicas y técnicas para evaluar los resultados de aprendizaje.

- Artículo nº. 3. Álvarez Otero, J., Lázaro y Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a). A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. E*uropean Journal of Geography, 9* (2), 6-20. ISSN 1792-1341. Indexado en SCOPUS con SNIP = 0.832, SCImago Journal & Country Rank (SJR) año 2018 0.286 en categoría Geography, Planning and Development Q3, 404/699. La revista cuenta con un índice H de 7. https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100301417&tip=sid&clean=0 . El artículo cuenta con 4 citas, de las cuales 1 es un artículo con impacto en JCR, 2 en SCOPUS y 1 en otras indexaciones y un número de descargas de 251 al 31 julio 2020 ver aquí

- Artículo nº. 4. Álvarez-Otero, J. y Lázaro y Torres, M.L. (2018b) Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Educ. Sci., 8*(171), 1-14. https://doi.org/10.3390/educsci8040171 ISSN 2227-7102. Indexado en SCOPUS desde 2018 con SNIP = 5.305 y en SCImago Journal & Country Rank (SJR) año 2019 con 0.24 (Q3) en categoría Education. La revista cuenta con un índice H de 7. https://www.scimagojr.com/journalsearch.php?q=21100897500&tip=sid&clean=0 Está indexada en Emerging Sources Citation Index, ESCI. Otras bases de datos en las que se encuentra: EBSCO Education Source, ERIC (Education Resources Information Center), DOAJ y ERIH PLUS. Para más información la página Web de la revista es: https://www.mdpi.com/journal/education El artículo cuenta con 4 citas, todas ellas en artículos indexados en el WOS con impacto JCR Q2, Q3 y Q4.

Hipótesis n.º 4. Es posible un modelo docente que integre los geodatos proporcionados por los servicios IDE y la responsabilidad social basada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esta cuarta hipótesis exige responder a la pregunta ¿Es posible un modelo docente empleando los datos proporcionados por los servicios IDE que a su vez integre la responsabilidad social entendida como colaboración en la consecución de los ODS? Esta cuestión surge a partir de las hipótesis anteriores y a ella se responde a la vista del trabajo de investigación realizado ofreciendo una propuesta de formación del profesorado para la sostenibilidad en el marco de la competencia digital docente. Con ello la formación del profesorado será la pieza clave para integrar eficazmente los datos proporcionados por las IDE en la docencia, lo que supone el empleo de datos primarios de calidad contrastada, impulsar la responsabilidad social del alumnado en el contexto de los ODS y la invitación a un cambio de actitudes en los estudiantes, además se abunda en los estándares de la Competencia Digital Docente (CDD) contribuyendo al debate actual.

Los artículos publicados han permitido desarrollar los objetivos de la tesis y la verificación de las hipótesis. Los resultados obtenidos en la tesis son aplicables y exportables a otras realidades territoriales.

1 INTRODUCCIÓN Y ESTRUCTURA DE LA TESIS

Esta tesis doctoral pretende cubrir el vacío entre la creciente demanda de datos de calidad, que la sociedad exige, y la necesaria formación de los ciudadanos para su eficiente aprovechamiento, especialmente en aspectos relacionados con la responsabilidad social entendida como una contribución a la sostenibilidad. De este modo, el objetivo debería ser formar a una ciudadanía responsable con el territorio desde la escuela, lo que exige una mayor atención a las oportunidades de formación que ofrecen los geodatos y para las que el profesorado debe estar preparado. Se considera que esta iniciativa desde el sistema educativo pueda ofrecer sinergias a otros sectores, favoreciendo la integración de la vida social y económica del propio país, aportando ciudadanos preparados en sectores laborales cada vez más demandados, como es el sector geoespacial, que exigen un conocimiento cada vez mayor sobre aspectos geográficos y territoriales.

La estructura de la tesis se inicia con la exposición de las necesidades detectadas que han impulsado la investigación que se presenta, se formulan las hipótesis, los objetivos generales y específicos de la tesis, las hipótesis y preguntas de investigación, así como el diseño de la investigación, para exponer a continuación la actualización del estado de la cuestión, y antes de la discusión integradora de los resultados la implementación de las intervenciones en el aula, aspecto esencial en la tesis, para terminar con las conclusiones.

1.1 Exposición de necesidades y oportunidad de la tesis

Plantear las necesidades del objeto de estudio de la presente tesis tiene como finalidad establecer aquellas que se han detectado a través de una observación no sistemática en educación, en general, en los proyectos de innovación docente en los que se ha participado, y en particular, en las aulas de Geografía.

Desde que Al Gore introdujo en 1998 el concepto "tierra digital" (*digital earth*) se implementa una visualización del mundo en tres dimensiones, en la que todo usuario de Internet puede navegar e interaccionar con la realidad territorial a través de un mundo virtual, que tiene una gran expresividad en la práctica docente y en el aprendizaje de la ciencia geográfica.

Los hitos y oportunidades que posibilitan este camino son: la mejora constante de la potencia de los dispositivos móviles y programas; el crecimiento de Internet y de su interactividad (Web 2.0, Web 3.0 y Web 4.0); la progresiva implementación del acceso a la información geográfica (IG); la mayoría de ella como datos abiertos servidos por las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), empleando herramientas y programas en la nube, como los sistemas de información geográfica en la nube o SIG Web, y el empleo generalizado del GPS desde el año 2000, en que se liberaliza la señal en abierto y el de otros sistemas globales de posicionamiento, como el Galileo o el GLONASS. Estas oportunidades se pretende que sean aprovechadas para un mejor conocimiento territorial e impulsar con ello la responsabilidad social de los estudiantes.

Así, la adquisición de competencias espaciales, digitales y sociales es una de las finalidades de esta tesis, que se derivan del empleo de herramientas, como las IDE, que facilitan los datos abiertos en las aulas y las SIG Webs, la necesidad de una educación en la responsabilidad social, la formación del alumnado en competencias y la formación integral del profesor para llevar a cabo todo el proceso.

1.1.1 La utilidad de los datos abiertos u open data en las aulas y las SIG Web como herramientas facilitan su empleo

En el pasado, la disponibilidad restringida de recursos de aprendizaje, en software, datos espaciales y publicaciones impuso limitaciones a la educación (Strobl, 2015). Hoy el objeto de la formación en el profesorado y en el alumnado debe ser el inverso, es decir, formar en el pensamiento crítico y en el conocimiento y valoración de la calidad

del dato, ya que ante la inmensa cantidad de datos disponibles en abierto, es necesario discriminar cuáles son los realmente válidos y fiables para el objeto de estudio o tema docente a impartir; sin entrar en la problemática de los *Big Data* geolocalizados o referidos a un territorio (Gutiérrez Puebla, 2016) que colocan al dato, y al geodato, como una materia prima más.

Hay que admitir que habitamos un mundo en el que la tecnología avanza por días y en donde el dato tiene cada vez más importancia, llegando a ser no sólo la materia prima para muchas empresas, sino la razón de ser de muchas de éstas, que se dedican exclusivamente al análisis y a la gestión de los datos. Todo esto contextualizado en la conocida como revolución de los datos, la cual ha generado nuevas realidades (*Big data, Hyper data, Mamut data)* y el análisis de los mismos mediante la *data mining* o minería de datos, el *crowdsource* o datos masivos, que no sólo aportan un valor de transparencia a la ciudadanía, sino también generan en ella un conocimiento riguroso de la realidad que debería conducir a la responsabilidad social. Sin datos, no hay investigación, sino elucubración. Como nos dice el humanista digital Navalpotro (2020) citando a Alfredo Romeo: "en el mundo de hoy, todo lo que no sean datos, es chismorreo". Los datos rigurosos nos ratifican o no las afirmaciones cualitativas expresadas y las preguntas de investigación. Conscientes de ello, vivimos y trabajamos en el epicentro de la revolución de los datos, que junto a la habilidad de capturar y procesar en tiempo real ofrecerán un valor añadido a un gran número de empresas (Einav y Levin, 2014) y también a las investigaciones en modelos predictivos y en Inteligencia Artificial (IA).

Estos hechos han inspirado nuevas investigaciones en torno a la empresa y a la educación, como la que nos ocupa. Debido a este contexto, el sector educativo debe ser consciente de la oportunidad del incremento y disponibilidad de los datos, especialmente de aquellos de mayor accesibilidad, como son los datos financiados con dinero público, cuyos responsables son los gobiernos. De este modo, surgen las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) fruto de la Directiva 2007/2/CE que ha sido desarrollada por los Estados europeos y aquellos países en proceso de adhesión con el

objetivo de que la información geográfica de calidad esté disponible, aplicando técnicas de formulación, implementación, monitorización y evaluación en las políticas territoriales y cartográficas de la Unión Europea.

Se considera como una necesidad apremiante el educar para entender el espacio y el lugar, no sólo mediante la observación directa del territorio, sino empleando herramientas digitales que amplían el ámbito territorial a estudiar de forma fiable. En algunos ámbitos tecnológicos se considera que el papel de la ciudadanía está en emplear las IDE sin necesidad de tener un amplio conocimiento sobre qué es y cuál es su utilidad, lo que desde nuestro punto de vista le resta importancia a la cultura científica que apoya el desarrollo sostenible.

El creciente número de servicios geolocalizados que ofrece el sistema económico, hace imprescindible introducir al estudiante en este campo, ya que antes o después será usuario de esos servicios que empleará como profesional e incluso reutilizará ofreciéndolos a otros. Así, surgen las Infraestructuras de Datos Espaciales en general y la de España en particular (IDEE), como una excelente fuente de la información geográfica, que actualizan los organismos responsables de la información aportada en cada caso, lo cual tiene el valor añadido de tratarse de una información de calidad y fiable, como ya se ha señalado.

Esta emergencia de nuevos empleos y tareas basadas en el creciente empleo de los datos ofrecidos por los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) en el mundo profesional invita a que la escuela se haga eco de su existencia. De este modo, se aprovecharían también en educación las sinergias de la información que gratuitamente ofrecen las instituciones oficiales dentro de la actual política de poner en valor los datos de los organismos públicos a través de datos abiertos. Los organismos públicos e instituciones, en este marco, tienen como objetivo: realizar portales y repositorios virtuales cada vez más usables, con un doble propósito, por un lado, favorecer el empleo por parte de la ciudadanía, y por otro lado, recibir retroalimentación de los usuarios que los emplean. En nuestro caso, el profesorado y el alumnado son agentes que pueden realizar esta tarea que impulsa una ciudadanía responsable. Para ello, ambos agentes

desarrollarán competencias y habilidades para que se produzca una relación recíproca entre éstos y los organismos oficiales.

La oportunidad de integrar datos territoriales fiables, de calidad y actualizados casi en tiempo real en las aulas, conviven sin competencia con los libros de texto y pueden ser complementarios a aquellos, ya que los datos de los libros responden al año de realización, y aunque pueden ser actualizados cada cuatro años, el proceso de edición atrasa la actualidad del dato. Sin embargo, los conceptos pueden estar perfectamente explicados en ellos sin perder actualidad.

Esta disponibilidad de datos geográficos es posible a través de distintos tipos de visores y plataformas (Google Earth, SignA, Iberpix, Cartociudad, ArcGIS Online…), a la evolución de la propia nube de Internet, aportando un nuevo modelo de uso de los equipos electrónicos, trasladando datos e información a servidores (con varios ejemplos de repositorios, como Google Drive, Box, Dropbox, Mega Limited…). Y por último, a los dispositivos móviles que tienen instalado un sensor que recibe la señal del Sistema de Posicionamiento Global (GPS) o bien el sistema europeo de navegación por satélite Galileo, gracias a los cuales es posible geolocalizarse y realizar un *track* o itinerario (Gómez Ruiz *et al.*, 2013).

Así, los *Open Data* están destinados a ser una gran fuente de información que multiplican los recursos didácticos de los docentes del presente y del futuro (De Diego Fadón, 2012), resultando de gran utilidad para aprender y para enseñar en las aulas del siglo XXI, especialmente aquellos publicados por los organismos responsables del dato, que aportan ubicación, calidad y fiabilidad en tiempo real.

Todos estos hechos refuerzan el empeño de esta tesis para que desde la educación se generen competencias en este campo: a) buscar y analizar los datos críticamente por ejemplo, discerniendo indicadores de calidad y fiabilidad; b) realizar preguntas a esos datos para obtener respuestas a situaciones reales, por ejemplo, las razones de determinadas ubicaciones para determinados fenómenos u objetos, o el por qué unas ubicaciones difieren respecto a otras, o como las distintas variables interaccionan con

el medio ambiente en el tiempo y el espacio (Pokoiski *et al.*, 2017); c) dar sentido a los datos mediante la visualización. Así es posible buscar respuestas a estas preguntas no sólo de forma inmediata, sino con una responsabilidad social que integra la educación para el desarrollo sostenible (EDS) a realizar mediante la introducción de los geodatos ofrecidos por los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE) en las aulas, lo que sin duda, cambiará el paradigma docente, condicionado por la creciente demanda de competencias digitales y espaciales desde la propia legislación educativa (González y Lázaro, 2011; Buzo Sánchez, 2012) que está impulsando el desarrollo de la competencia digital docente (DigComp, 2016; INTEF, 2017).

Dentro de este contexto en el que la geotecnología tiene cada vez mayor importancia, es necesario desarrollar estrategias que favorezcan el empleo de las IDE en las aulas docentes. Esta tarea, todavía por hacer, es uno de los objetivos principales de esta tesis.

1.1.2 Educar en responsabilidad social para colaborar en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La tesis defiende que es posible unir IDE y responsabilidad social, binomio que facilita que el estudiante adquiera destrezas de pensamiento crítico que le lleven a cambiar actitudes en su entorno, tanto en el virtual (tecnología IDE) como en el real (colaboración en la consecución y evaluación de los logros de los Objetivos de Desarrollo Sostenible).

Se ha considerado la necesidad de que el estudiante adquiera habilidades y destrezas que le lleven a colaborar y lograr las metas que se proponen en la Agenda 2030, concretamente en los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Para ello, es fundamental que el estudiante se vea involucrado en su proceso de enseñanza-aprendizaje, con un doble objetivo, por un lado, aprender sobre los problemas sociales, económicos y ambientales del mundo y de su ciudad, y por otro lado, que esta observación y aprendizaje le motive

para diseñar acciones y aportar un servicio a su comunidad (organización de eventos solidarios, cartelería, comunicados a las autoridades responsables, etc.).

La acción que debe realizarse desde las escuelas , como señaló el Secretario General de la ONU, António Guterres tiene tres niveles o planos: a) a nivel mundial, con una mayor involucración de todas las instituciones y de todas las personas; b) a nivel local, que deben reflejarse en los asuntos más necesarios de las regiones con políticas basadas en las metas propuestas en cada una de los diecisiete objetivos; c) acciones por parte de las personas, en las que Guterres inlcuyó a "la juventud, la sociedad civil, los medios de comunicación, el sector privado, los sindicatos, los círculos académicos y otras partes interesadas" (Guterres, 2019 en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/decade-of-action/).

La responsabilidad social sobre el territorio y su integración en el currículum y en las prácticas docentes es un tema pendiente en las aulas, que se ha vinculado en esta tesis con la consecución de los ODS para lo que se han diseñado las intervenciones en el aula. Es verdad que en algunas universidades se ha dado este tipo de aprendizaje, aunque de una forma esporádica (Martínez Martín, 2008) o en manuales que definen la responsabilidad social como una teoría (Vallaeys, 2006; Vallaeys, De la Cruz y Sasia, 2009). Para ir más allá de esto, debemos construir una ciudadanía más responsable (Gasca-Pliego y Olvera-García, 2010), no sólo en los ámbitos universitarios, sino también en las enseñanzas medias, el cual es el objeto de nuestras intervenciones en el aula.

El cómo utilizar la geoinformación al servicio de una ciudadanía responsable, exige algunos conocimientos de geotecnología espacial, entendida como las herramientas necesarias para crear cartografía, procesar la geoinformación (Velilla y Adiego, 2012; Buzo, 2015a; Chabaniuk y Rudenko, 2019) y manejar las fuentes principales de datos, entre las que podemos destacar las Infraestructuras de Datos Espaciales en general, y en particular, las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE). Estas realidades analizadas e interpretadas por los propios estudiantes serán la motivación

para que se lleven a cabo dichas acciones sostenibles, que promuevan la transformación del entorno más cercano y del mundo.

1.1.3 El alumnado debe adquirir competencias digitales, espaciales y sociales a través de las oportunidades del currículum

No hay una definición unívoca sobre qué se entiende por competencias, si bien la mayoría de los autores las consideran la culminación de la formación adquirida, y por tanto aquella que posibilita el ejercicio de la actividad profesional, el desempeño o la participación en contextos sociales (Leyes de Educación en España; OCDE, 2001), que es lo que se pretende con las competencias clave del sistema educativo en España en el marco de referencia a nivel europeo: *Competencias clave para el aprendizaje permanente - un marco de referencia europeo* (Comisión Europea, 2007). Este marco facilita la definición e identificación de las competencias, el nivel de logro de cada una de ellas, establece la mejor forma de integrarlas en los currículum europeos, de mantenerlas en las distintas situaciones de los estudiantes y desarrollarlas a lo largo de sus propias vidas.

En el presente estudio, se consideran de especial importancia la competencia digital y la competencia social y cívica, sin dejar las demás competencias al margen, sino que el proceso de adquisición de las mismas lo podemos adjetivar como transversal. Así, dentro de las competencias digitales y espaciales, se han concretado en las competencias geoespaciales, las cuales favorecerían las oportunidades de empleo en el área de la geotecnología. El profesor De Miguel (2012, 2018) señala la ausencia de tecnologías geoespaciales y de geoinformación en formato digital en el currículum actual, en contraste con lo existente en otros países de Europa.

Las competencias sociales, lograrán en el estudiante un sentido de la responsabilidad desde una visión ética, emocional y de crecimiento personal. Todas ellas dentro del marco legislativo educativo de España, el cual recoge dichas competencias clave en la Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las

competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (Anexo II).

Esteve, Adell y Gisbert (2013) apuntan como objetivo de la OCDE en el proyecto "Definition and Selection of Competencies (DeSeCo)" que los estudiantes tuvieran una vida personal y socialmente responsable y exitosa, en una sociedad moderna y democrática. Estos mismos autores (Esteve, Adell y Gisbert, 2013), tras analizar siete modelos competenciales, consideran que la mayoría de los modelos estudiados priorizan y reducen el papel de la educación para el siglo XXI a la producción de la riqueza y a la empleabilidad, si bien concluyen que:

> "las habilidades relacionadas con la alfabetización tecnológica, informacional, visual y comunicativa son unas de las más reiteradas; otras competencias como el trabajo en equipo, la responsabilidad, la autogestión y el pensamiento creativo son también habituales" (Esteve, Adell y Gisbert, 2013).

Por ello, es necesario una práctica docente que facilite la colaboración activa del estudiante (metodología activa), la transversalidad de las competencias y el trabajo por proyectos y en equipos, que pueden extrapolarse a situaciones reales, presentes o futuras, de los estudiantes.

De este modo, se puede apelar a la responsabilidad social del ciudadano sobre el territorio. Para ello, se han puesto en valor las competencias en sostenibilidad (UNESCO) en la educación secundaria, reto que estaba pendiente, como señala la profesora Murga-Menoyo (2015) en el contexto de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030.

El marco curricular actual no habla de las IDE de forma específica, ni de los ODS, y por tanto, tampoco de las oportunidades que ofrece el currículum para su empleo en educación y los contenidos curriculares a abordar: saber, saber hacer, saber ser y estar, saber… Por tanto, la responsabilidad social no es un tema destacado en el currículum, y

menos su integración con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, lo que puede resolverse en la práctica docente.

1.1.4 La formación integral del profesorado debe responder a los retos anteriores

Lo que consideramos la piedra angular es la necesaria e imprescindible formación integral del profesorado, no sólo en competencias digitales docentes. A los profesionales de la educación les corresponde ayudar a sus estudiantes a que sean ciudadanos de su tiempo, es decir que al finalizar la etapa obligatoria deberían ser capaces de: saber cómo (herramientas para acceder a los servicios de geodatos fiables), dónde (fuentes fiables de las que obtenerlos), cuándo y dónde (en cualquier momento y desde cualquier lugar), por qué (ventajas en la calidad, fiabilidad y actualización de la información) y para qué compartir y emplear estos datos (*data sharing*, instalado ya como premisa en todos los proyectos europeos). A lo que esta tesis pretende añadir el empleo posterior y colaborativo de los mismos en su vinculación a la responsabilidad social.

Así, es necesario considerar primero la necesidad, y luego buscar el recurso digital adecuado que responda a la misma. Si bien es verdad que se retoma el matiz de la necesidad después y se une con las decisiones informadas, que es un matiz muy interesante que mejora la versión DigComp (2017: 57) en el área de competencia 5: Resolución de problemas, en estos términos:

> "Identificar necesidades de uso de recursos digitales, tomar decisiones informadas sobre las herramientas digitales más apropiadas según el propósito o la necesidad, resolver problemas conceptuales a través de medios digitales, usar las tecnologías de forma creativa, resolver problemas técnicos, actualizar su propia competencia y la de otros".

Con estas posibilidades, es importante que la sociedad reciba la formación adecuada para el empleo de los datos abiertos, es decir, capacitar al alumnado y al profesorado con herramientas, habilidades y destrezas para utilizar estos datos públicos en abierto como una fuente más de información y ser capaces de integrarlos en su vida profesional y social.

Además, el profesorado debe recibir una formación continua, actualizada y permanente, como ya indican las leyes españolas (artículo 102, capítulo III, de la LOE 2/2006 de 3 de mayo; LOMCE, 2015), y como se ha venido insistiendo desde las instituciones educativas españolas y europeas a través de foros, normativas y congresos, con el propósito de mejorar su práctica docente, en consonancia con las circunstancias y contexto que el alumnado está experimentando.

Esta necesidad de formación integral del profesorado para los fines y objetivos de esta tesis, exige la construcción de un modelo docente, que es uno de los objetivos y a la vez resultado de esta tesis.

1.2 Objetivos e hipótesis

1.2.1 Objetivos generales y específicos

La finalidad de esta tesis es demostrar que es posible trabajar la responsabilidad social desde la geografía empleando los servicios de geodatos que ofrecen las IDE. Será necesario demostrar la utilidad de integrar de forma natural y amigable las Infraestructuras de Datos Espaciales de España en la docencia para el conocimiento territorial propio del aprendizaje de la geografía y la formación del ciudadano del siglo XXI, con el fin de que el alumnado maneje con soltura geodatos y mejore sus competencias espaciales, digitales y sociales, facilitando con ello una intervención sabia y meditada sobre el territorio, propia de un ciudadano responsable con su tiempo y los evidentes problemas de sostenibilidad.

Para alcanzar este objetivo principal ha sido necesario abordar otros objetivos secundarios, como:

- Buscar y analizar iniciativas en esta línea de trabajo, así como la utilidad del empleo de las IDE, sus ventajas e inconvenientes en la docencia de la geografía[1].

- Diseñar intervenciones en el aula[2] encaminadas a mejorar la responsabilidad social del ciudadano relacionada con los ODS, considerando su conocimiento espacial previo y el que es posible adquirir a través de los servicios IDE, empleando una metodología de aprendizaje que garantice resultados satisfactorios para los objetivos marcados.

- Construir un modelo docente a partir del análisis del conocimiento del profesorado sobre las IDE y las competencias en sostenibilidad que sea viable desde el punto de vista pedagógico, técnico y social en relación con el currículum. Considerando que es necesario mejorar su formación integral a partir de la búsqueda y selección de elementos clave que faciliten los objetivos anteriores, el integrar las Infraestructuras de Datos Espaciales con los Objetivos de Desarrollo Sostenible como elemento esencial para cambiar actitudes y fomentar la responsabilidad social.

[1] Lo que se ha realizado en los artículos presentados como compendio: páginas 23-26 Álvarez Otero, J. y Lázaro y Torres, M.L. de (2017). Spatial Data Infrastructure and Learning Geography. *European Journal of Geography* 8 (3):19-29 y en las páginas 4-7 Álvarez Otero, Javier y Lázaro Torres, María Luisa de (2019). "Las infraestructuras de datos espaciales, un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles* 82, 1-32.

[2] Dos de estas intervenciones han sido publicadas y alegadas entre los artículos presentados como compendio: Álvarez Otero, J, Lázaro y Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a) A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9*(2):6-20; y Álvarez-Otero, J.; de Lázaro y Torres, M. (2018b) Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Educ. Sci., 8*(4), 171. Si bien se ha considerado necesario implementarlas, añadir otras y explicarlas sistemáticamente, como se realiza en el punto tres.

1.2.2 Hipótesis

Para alcanzar los objetivos citados ha sido necesario establecer una serie de hipótesis:

Hipótesis n.º 1. El profesorado tiene un conocimiento escaso o nulo sobre las IDE, lo que hace que desaproveche las oportunidades que ofrecen.

Para responder a las preguntas de investigación ¿qué grado de conocimiento sobre las IDE tienen los profesores de secundaria?, ¿qué es una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE) y cómo funciona?, ¿existen ejemplos docentes en geografía en los que se emplean las IDE?, se ha aplicado una metodología de carácter cualitativo; informes y cuestionarios a los profesores de secundaria. El resultado esperado es que el profesorado no emplea las IDE, o que algunos profesores que manejan geodatos procedentes de una base de datos de los servicios IDE, emplean un software "intermediario" y no son conscientes de que están utilizando los servicios de una IDE.

Hipótesis n.º 2. El conocimiento sobre el territorio, con los datos aportados por los servicios de las IDE, mejora su comprensión por parte de los estudiantes.

Esta segunda hipótesis pretende realizar una investigación cualitativa a través de la indagación, dando respuesta a cuestiones como: ¿qué es una IDE y cómo funciona?, ¿son las IDE útiles para el conocimiento territorial y para la enseñanza de la Geografía en la enseñanza secundaria?, ¿qué formación deberían adquirir los estudiantes para integrar las IDE en su aprendizaje? y ¿qué metodología docente puede ser la más adecuada para impulsar las IDE en las aulas?.

Para la resolución de estas preguntas se ha considerado muy adecuada la técnica Delphi, que permite consultar a expertos y la búsqueda y recopilación de evidencias sobre el empleo de las IDE a través de análisis de publicaciones científicas en distintos formatos (aportaciones a congresos, tesis doctorales, o trabajos fin de máster en TIC).

El resultado esperado es el grado de conveniencia del empleo de los datos de las IDE en las aulas de secundaria para un mejor conocimiento territorial.

Hipótesis n.º 3. La responsabilidad social de la ciudadanía sobre el territorio, entendida como colaboración en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), y el cambio de actitudes para transformar el territorio pueden mejorar tras las intervenciones en el aula empleando los geodatos ofrecidos por los servicios de las IDE. Para resolver esta hipótesis es necesario plantearse ¿Cómo diseñar una intervención de aula para alcanzar los objetivos propuestos? tras mostrar en el estado del arte algunos ejemplos de actividades y acciones que emplean las IDE en distintos contextos docentes se diseñarán las actividades docentes que respondan a esta cuestión a través del método de investigación-acción, reforzado por las técnicas cuantitativas y cualitativas empleadas en las hipótesis anteriores (Delphi, cuestionarios y entrevistas personales a profesores y expertos en el tema de estudio).

El resultado de investigación es el diseño de un conjunto de intervenciones en el aula que integren el empleo de las IDE y los Objetivos de Desarrollo Sostenible para desarrollar competencias digitales, geoespaciales y sociales en los estudiantes, enmarcadas en las competencias clave de la legislación vigente española (LOMCE) y en las competencias en sostenibilidad (UNESCO).

Hipótesis n.º 4. Es posible un modelo docente que integre los geodatos proporcionados por los servicios IDE y la responsabilidad social basada en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Para construir un modelo docente, que dé respuesta a la pregunta ¿es posible un modelo docente en las aulas de geografía que integre geodatos proporcionados por los servicios IDE para colaborar en la consecución de los ODS? Para ello, se ha visto necesario la creación de un plan de formación del profesorado que considere como elementos clave los resultados de las hipótesis anteriores. Por tanto, se considerarán los resultados de las diferentes técnicas llevadas a cabo durante toda la investigación (Delphi, encuestas, cuestionarios, entrevistas personales a expertos y profesores de secundaria, las intervenciones en el aula y sus resultados) para buscar un modelo metodológico docente que reúna las condiciones tecnológicas -que permitan el acceso a datos fiables y de calidad-, pedagógicas -que faciliten el aprendizaje-, científicas -para

el empleo de datos primarios de calidad contrastada- y de responsabilidad social que permitan integrar los geodatos ofrecidos por las IDE y las actuaciones que derivan de la colaboración en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible y la Agenda 2030.

1.3 Diseño de la investigación

Los modelos principales sobre los que abordar cualquier problema de investigación en educación los resumen García-Llamas *et al.* (2001) en:

- Positivista, científico-técnico, racionalista, tecnológico, cuantitativo o empírico-analítico, es decir, investigar para explicar.
- Cualitativo, heurístico, humanístico-interpretativo, cultural o hermenéutico, en este caso, investigar para comprender.
- Crítico, sociocrítico, reconstructivo o cooperativo que pretende investigar e interpretar para cambiar.

Esta tesis pretende un modelo de investigación mixto en el que predomina un paradigma sociocrítico que invita a investigar para cambiar y mejorar la práctica docente a partir de la propia experiencia de aula. Este paradigma sociocrítico consiste en dar respuesta a los problemas sociales y educativos, comprender dichos problemas para formular recomendaciones y mejoras orientadas a la acción docente. En definitiva, emplea principalmente un método de investigación-acción que utiliza preferentemente técnicas de comunicación personal, de forma individual o colectiva, con el objetivo de llegar a un consenso que permita transformar la realidad observada.

La metodología para alcanzar los objetivos e hipótesis propuestos se inicia en la observación y el análisis de los resultados de lo que se está haciendo en las aulas docentes, a través de una revisión y actualización de la literatura científica relacionada con el objeto de estudio, así como una elaboración de una propuesta que constituirá

una investigación empírica para comprobar la adecuación y cumplimiento de los mismos.

El empleo de fuentes secundarias y primarias ha sido necesario para comprobar las hipótesis y obtener los resultados de investigación (Figura 1):

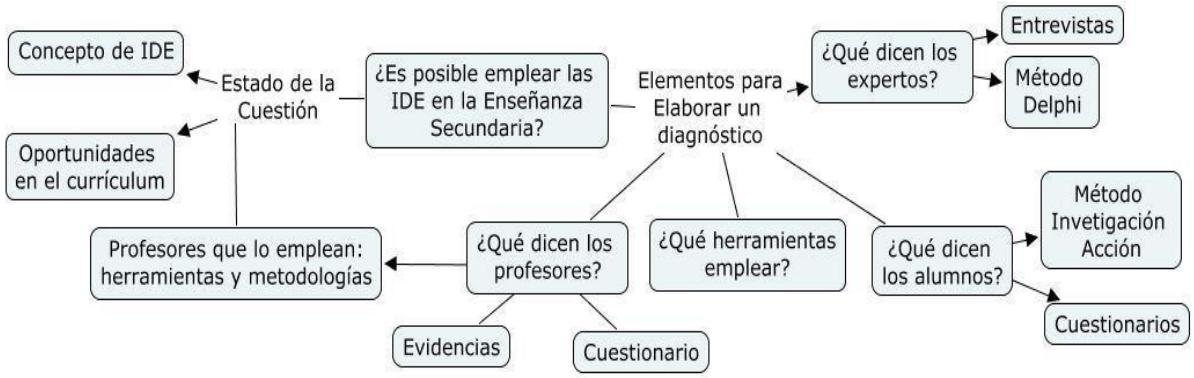


Figura 1. Diseño de la investigación

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

1.3.1 Recopilación, revisión y actualización del estado de la cuestión (fuentes secundarias)

La revisión de los fondos bibliográficos es el primer paso para contextualizar el objeto de estudio y para asegurar al investigador qué se está creando y cómo se está aumentando el conocimiento científico. Se han seguido los criterios señalados por García-Llamas *et al.* (2001) para evaluar la literatura preexistente sobre el tema a investigar: viabilidad, adecuación, interés, relevancia y coherencia.

El proceso para realizar esta revisión se inicia con la revisión de fuentes generales, en las que se hallan referencias, índices o revistas especializadas en el campo de la Educación. Después, se buscan aquellas fuentes que están relacionadas directamente con el tema de investigación, que algunos autores denominan como primarias (Losada y López-Feal, 2003). Finalmente, se revisan todas las citas y publicaciones de trabajos desarrollados en los últimos años, para establecer un marco teórico pertinente. Este

proceso es continuo y con cierta periodicidad, por lo que además de realizarlo en los artículos publicados como compendio, se ha actualizado en el punto siguiente "Actualización del estado de la cuestión" con la finalidad de que el estado de la cuestión esté actualizado con las novedades bibliográficas más recientes, entre las que se ha incluido la búsqueda de evidencias en las aulas del siglo XXI.

Se ha observado que el empleo de las IDE es un paso o una parte intrínseca del empleo de los Sistemas de Información Geográfica en la nube o SIG Web, se ha participado y se está participando en algunos proyectos en los que se emplean estas herramientas, como ha sido el proyecto GI Learner, "*Developing a learning line on GIScience in education*" (2015-1-BE02-KA201-012306) enfocado a las aulas de secundaria (Donert *et al.,* 2016) o el GI-Pedagogy, "*Innovative Pedagogies for Teaching with Geoinformation*" (2019-1-UK01-KA203-061576) enfocado a la formación del profesorado de enseñanza secundaria para la misma finalidad. Además de los proyectos realizados en otros países y realidades, como es el PaikkaOppi (Finlandia), por ejemplo, ampliamente desarrollados en los artículos presentados y en la actualización del estado del arte.

1.3.2 Aplicación de técnicas de recopilación de datos (fuentes primarias)

Para recolectar datos nuevos que luego se pueden analizar e interpretar, es necesario emplear una serie de técnicas de recogida de datos, que en la tesis que nos ocupa han sido:

a) **Informes y cuestionarios a profesores de secundaria y a futuros docentes**

El cuestionario es una herramienta fundamental para realizar preguntas de manera rápida y sencilla dirigidas a los profesores de secundaria como muestra del tema que se ha investigado. Han consistido en preguntas cerradas a profesores en activo o relacionados con la formación del profesorado, las ciencias del territorio y las ciencias sociales.

Se han realizado los cuestionarios siguientes (Tabla 1):

- A los estudiantes (futuros profesores) del Máster Universitario en Formación del Profesorado en Educación Secundaria y Bachillerato de la Universidad Complutense de Madrid, en la especialidad de Geografía, Historia e Historia del Arte (curso 2015-2016).

- Al profesorado en servicio activo y en formación que asistió al III Encuentro de Docentes de Ciencias Sociales (Mérida) (18 de febrero de 2017) y al que asistió al curso de verano "Estrategias para el conocimiento geoespacial en enseñanza secundaria", organizado por la UNED Mérida (10-12 de julio de 2017).

- Al profesorado de Ciencias Sociales, Geografía e Historia de centros e institutos de educación secundaria desde el curso 2016 hasta el 2019.

Tabla 1. Docentes y futuros docentes encuestados durante la elaboración de la presente tesis

AÑO, LUGAR	OBJETIVO	NÚMERO DE ENCUESTADOS
2017, III Encuentro de Docentes de Ciencias Sociales (Mérida)	Demostrar hipótesis nº. 1	125
2017, Curso de verano UNED Mérida		15
2016, 2017, 2018 y 2019, Institutos de Educación Secundaria en Ávila		105
	TOTAL	**245**

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez Otero

b) Técnica Delphi

Como se describe en el artículo Álvarez y Lázaro (2019), la técnica Delphi:

> "se inicia con la formulación de una o varias preguntas clave en formato abierto y cualitativo (...). A raíz de las respuestas obtenidas, la técnica permite elaborar rondas sucesivas de preguntas (retroalimentación) (Gross, Hakim & Weinblatt, 1983) en un formato cerrado, tipo cuestionario".

Los informes y las respuestas de los panelistas son de importante valor para el tema de investigación especializado en el manejo de los servicios IDE. De ahí, la necesidad de la búsqueda de expertos, a los que se informó en tiempo y forma sobre los objetivos de la investigación, y de las características de la técnica Delphi: anonimato y confidencialidad.

c) Entrevistas personales

El tipo de entrevistas empleadas han sido las denominadas como no estructuradas e individuales, que son preguntas abiertas en las que el investigador pregunta al entrevistador directamente sin un guión establecido previamente. Estas entrevistas se han dirigido a veinte personas que poseen un conocimiento relevante acerca del tema de estudio, preservando su anonimato.

Citamos algunas de las más relevantes, como una de las pioneras en el Reino Unido de aplicar las *GISciences* al profesorado de Secundaria, Dr. Mary Farger (University College, Londres), a la que se entrevistó informalmente en el congreso de EUROGEO Málaga *Geographic Information: for a better world* (2016) y otras que han expresado sus opiniones por email, como una de las responsables del proyecto finlandés Paikka-Oppi, Dr. Sana Mäki (Universidad de Turku), que expuso los problemas y avances del proyecto, que defendió claramente la utilidad de la IDE finlandesa en el mismo.

1.3.3 Elaboración y diseño de las intervenciones de aula basadas en la investigación-acción (comprobación de hipótesis y resultados de investigación)

El origen del método investigación-acción se puede establecer en la obra *Action Research* de Kurt Lewin (1946) que concibe la investigación acción como "un proceso cíclico que consiste en planificar, realizar una investigación de los hechos, toma de acción, evaluar y reflexionar, seguido de más planificar, investigación de hechos y revisar".

El método investigación-acción tiene como propósito mejorar las prácticas educativas en el aula considerando todos los agentes que intervienen en el proceso de enseñanza-aprendizaje. Los resultados de un ciclo de acciones formativas sirven para implementar el ciclo siguiente y para triangular la investigación realizada a través de los agentes que participan en ella: investigación-acción del profesor (diagnóstico), investigación-acción del profesor con los estudiantes (intervención en el aula) e investigación-acción de los estudiantes con el profesor (retroalimentación y validez de la intervención).

Según Pérez y Nieto (2009), el modelo de investigación-acción se debe asentar en educación considerando cuatro aspectos: partir de lo particular para llegar a lo general (método empírico), integrar docencia-práctica-investigación, relacionándolo con la indagación documental y la formación investigadora, y aplicar los resultados a la práctica educativa.

Teniendo en cuenta los preceptos que se acaban de señalar, se han elaborado tres tipos de intervenciones, repetidas de forma cíclica durante los años en los que se ha realizado el trabajo de campo en las aulas (2016-2020):

- Intervención inicial, que trata de presentar e iniciar a los estudiantes en las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y demostrar la hipótesis n.º 3.
- Intervenciones procesuales, profundizan en la investigación de si las IDE sirven para que los estudiantes las empleen en diferentes contextos docentes, y a su

vez adquieran competencias relacionadas con la responsabilidad social sobre el territorio, en este caso, los paisajes geográficos en España, en Europa y en un lugar protegido (Parque Nacional de las Tablas de Daimiel). Esta responsabilidad tiene su reflejo en la contribución a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

- Intervención final, en la que se plantea la integración de geodatos provenientes de los servicios IDE y los ODS en el currículo de la asignatura de Geografía de 3º de ESO, en este caso, desde el nivel local (aplicado el primer año) hasta el global (los dos siguientes cursos académicos de aplicación).

Se ha llevado a cabo un diseño experimental, formando dos grupos de estudiantes de edades comprendidas entre los 14 y los 15 años (que cursan estudios de 3º de E.S.O. en España, concretamente en la ciudad de Ávila) y un grupo de control, al cual no se aplican las intervenciones, sino únicamente la prueba final común a ambos (post-test). Para ello, ha sido necesario establecer una comparación entre los resultados cuantitativos de ambos. Campbell y Stanley (1973) a este tipo de diseño lo clasifican como "experimental verdadero", ya que en el caso de estas intervenciones se va a realizar un post-test a ambos grupos al finalizar cada trimestre y se considerarán las calificaciones finales para conocer si ha surgido efecto o no las variables que hemos diseñado para su valoración como objetivo de investigación: objetivos y estándares de aprendizaje, competencias a alcanzar y método de aula seguido. Para minimizar el sesgo entre ambos grupos, se han seleccionado dos técnicas: la asignación aleatoria o aleatorización, que evita diferencias iniciales entre los grupos, y el enmascaramiento, los estudiantes desconocían a qué grupo pertenecían.

En los grupos de control se sigue una metodología pasiva en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes, siendo una mera descripción y estudio de términos y conceptos en los que el alumno debe estudiar, memorizar y recordar para una prueba, sin realizar un gran esfuerzo en las llamadas destrezas y habilidades de pensamiento de orden superior. La metodología pasiva, con clases magistrales, ha quedado obsoleta en los estudios de Ciencias Sociales, en general, y en particular de la Geografía, como

señala Quinquer (en Benejam y Pagés, 1998): "los métodos expositivos deben utilizarse con moderación y combinarse con otras estrategias más centradas en el alumnado", siendo poco motivadores y relevantes para los intereses de los alumnos.

1.3.4 Construcción de un modelo docente (resultado de investigación)

Existe una gran diferencia entre enseñar acerca de la ciencia o enseñar empleando la indagación y el método científico (Labouta *et al.*, 2018). Sin ir a otras ciencias, distintos profesores universitarios (Kerski, 2011; Favier, 2011, 2012) consideran este enfoque, dando importancia al método indagatorio de forma cooperativa, integrando las geotecnologías, como las define Roche (2014), y las aplica Moreno (2015), en el contexto de la sociedad de la geoinformación.

Tras una revisión de los modelos docentes que se relacionan con algunos de los objetivos de la tesis y el compendio de los resultados de las hipótesis anteriores se construye un modelo docente, en el que se seleccionan los componentes y aquellos elementos esenciales para integrar las IDE y los Objetivos de Desarrollo Sostenible en las aulas de Geografía.

1.3.5 Otros medios empleados

Los medios empleados han sido todos aquellos que ofrece la Universidad Complutense de Madrid, en particular la Facultad de Educación y Centro de Formación del Profesorado, los fondos bibliográficos de la Biblioteca y los cursos de formación para doctorandos que ofrecen tanto ésta como los profesores adscritos al Programa de Doctorado en Educación.

Se ha colaborado en los proyectos de investigación y utilizado los resultados del Grupo de Investigación UCM 931335: *Innovación Didáctica para la Enseñanza de la Geografía en el marco del EEES (GEODIDAC)* fundado en 2008 por las doctoras María Jesús

Marrón Gaite y María Luisa de Lázaro Torres, dirigido hasta 2016 por la Dra. Dª María Luisa de Lázaro Torres, y desde entonces por la Dra. Dª María Jesús Marrón Gaite y el Dr. D. José Manuel Crespo Castellanos.

Se ha contado con los medios del Centro de Excelencia Real Sociedad Geográfica-Digital Earth, que mantiene una relación estrecha con el Instituto Geográfico Nacional (IGN), responsable de las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE) y del Grupo de Innovación Docente (GID 2017-10) de la UNED, Aprender empleando los mapas en línea (*MapsOnline*), que dirige en la actualidad la Dra. Lázaro y colabora estrechamente con GEODIDAC.

1.4 Estructura de la tesis

Para todo ello ha sido necesaria la realización de cuatro artículos en revistas de impacto que reflejaran los resultados parciales y finales, y tal y como marca la normativa vigente en relación a las tesis realizadas por compendio de artículos, tras la introducción, que contiene la exposición de las necesidades detectadas que han impulsado la investigación que se presenta, las hipótesis y los objetivos, pasamos a desarrollar una actualización del estado de la cuestión subdivido en los temas claves que afectan a la tesis, para después describir en detalle las intervenciones en el aula, aspecto esencial en la tesis, y terminar con una discusión integradora de los resultados en relación con cada una de las hipótesis y las conclusiones a las que ha dado lugar.

2 ACTUALIZACIÓN DEL ESTADO DE LA CUESTIÓN

Los elementos esenciales a esta tesis son (1) los datos abiertos servidos por las IDE, el aprovechamiento de estos datos con herramientas SIG Web y (2) su utilidad para la formación en responsabilidad de los estudiantes entendida como su contribución a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS). Esto no es ajeno a las (3) oportunidades que ofrece el currículum escolar vigente y (4) a las necesidades de formación del profesorado en el marco de la Europa comunitaria. Por tanto estos serán los cuatro aspectos esenciales que constituyen el estado de la cuestión, cada uno de ellos relacionado directamente con una de las hipótesis.

2.1 Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) al servicio de una ciudadanía responsable

Todavía no se observa una preocupación docente y educativa en la enseñanza secundaria por la potencialidad del dato abierto, como materia prima de la educación y fuente primaria como objeto de estudio. Así podemos afirmar que las IDE están siendo aplicadas en los distintos niveles educativos, de manera muy escueta e irregular, por no decir casi nula. Existen pocos trabajos en los que se integren los datos abiertos ofrecidos por las IDE con una finalidad educativa (González *et al.,* 2010; González, 2012) que aprovechen el potencial para desarrollar las competencias que conllevan o son inherentes a los mismos (Guallart y Lázaro, 2020). De ahí, que esta tesis defienda el incalculable valor de la IDEE para docentes y alumnos como fuente de geodatos sobre el territorio de España, que además se actualizan en tiempo casi real, son fiables y gratuitos.

2.1.1 La geoinformación *open*, un servicio al alcance de todos

Existe un movimiento de datos abiertos (en inglés *open data*) que se inicia en los EEUU, cuando el presidente de dicho país, Barack Obama, en uno de sus discursos habla de "gobierno abierto", el cual debe tener en cuenta principios de transparencia, colaboración y participación (Ramos Simón *et al.*, 2012). Podemos definir los datos abiertos como datos libres que están disponibles para su obtención en distintos repositorios en la nube, son accesibles y reutilizables, evaluados en su calidad e inteligibles, para lo que cumplen una serie de estándares, entre los que destaca la interoperabilidad. Se basan en el principio de que la información pública debe estar a disposición del ciudadano para su reutilización. Sin embargo, no todos los datos abiertos tienen el mismo grado de apertura, lo que ha sido evaluado por Sui (2014) que distingue las dimensiones siguientes:

- Legal, libres de restricciones como el copyright u otras restricciones en su empleo.
- Financiero, sin gastos por su uso.
- Accesibles, sin obstáculos técnicos, ni administrativos ni de procedimiento, sin tiempos de espera ni formularios a rellenar.
- (Re)utilizable, con formatos limpios y claros, los datos aparecen bien estructurados. No necesita software propietario para abrir los ficheros que los contienen.
- Comprensibles, dispone de los metadatos con las necesarias explicaciones de los datos.
- Evaluables, es posible medir la fiabilidad y calidad de los datos.

Estos datos abiertos que tradicionalmente eran empleados con finalidad económica hoy añaden una finalidad técnica, social y política (Attard, 2017).

El marco legislativo, que permite y favorece la disponibilidad y el incremento de datos abiertos al servicio de la ciudadanía, se inicia con la Directiva 2003/98 / CE, rectificada en DO L 246 de 23.9.2011, p. 34 y puesta al día con la Directiva 2013/37/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de junio de 2013. Como nos destacan Arquero y Marco (2014):

> "La Directiva 2013/37/UE establece políticas de apertura de la información propiciando la disponibilidad y la reutilización de la información en el sector público con fines privados o comerciales, con restricciones mínimas o nulas de carácter jurídico, técnico o económico, buscando favorecer la circulación de la información no solo para los agentes económicos, sino también entre el público en general".

La agenda digital europea que lo impulsa se plantea liberalizar los datos a través de distintas directivas, y en 2015 se decanta por un objetivo o finalidad: ofrecer mayor transparencia a los ciudadanos. Arquero y Marco (2014) nos muestran como antecedente el Libro Verde sobre la información del Sector Público en la Sociedad de la Información, en inglés se conoce como: *Public sector information: a key resource for Europe. Green paper on public sector information in the information society COM* publicado en 1998. Hoy, la Comisión Europea tiene un portal web cada vez más rico en cuanto a datos y aplicaciones dedicado a *open data*: https://data.europa.eu/euodp/en/data/ - *European Commission Data Portal*. De éstas leyes se derivan otras relacionadas con los datos, como la ley de protección de datos personales y el nuevo Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) (Ley Orgánica 3/2018, de 5 de diciembre, de Protección de Datos Personales y garantía de los derechos digitales) derivados del Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos).

El Decreto 1495/2011, de 24 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2007 del 16 de noviembre, sobre la Reutilización de la Información del Sector Público (BOE, 2007), el Plan Avanza (2011-2015), que dio continuidad al Plan Avanza, y el Proyecto Aporta (2009 hasta hoy), que tiene como objetivo promover la publicación de datos abiertos, a través del portal datos.gob.es.; actualizando los nuevos retos para la sociedad, y después la Agenda Digital para España son el camino recorrido hasta ahora.

La Directiva 2019/1024/ UE del 20 de junio de 2019 relativa a los datos abiertos y la reutilización de la información del sector público, con el fin de explotar plenamente su potencial de información para la economía y la sociedad europeas considerando el derecho fundamental del acceso a la información, ha exigido nuevos desarrollos normativos fomentando el empleo de APIs.

La evidencia de su éxito la vemos confirmada en su implementación en las administraciones electrónicas, realizando una labor basada en la cooperación entre instituciones y en la responsabilidad social. El empleo que los ciudadanos/usuarios realizan de los portales que ofrecen datos abiertos, en el marco de la legislación de lo que la tecnología ofrece, es cada vez mayor.

Arantón Areosa (2012) afirma que se han reforzado así las maneras de trabajar en equipo y realizar tareas de forma cooperativa y colaborativa, de forma sincrónica o asincrónica en lo que se conoce como e-admon y e-educación (Fitzgerald, 2010). Existiendo cada vez más herramientas que lo posibilitan (*Google Drive, One Drive, Arcadia*...). Además, la creciente demanda de datos abiertos por parte de los ciudadanos, incrementa la importancia de identificar los conceptos geográficos con los datos geoespaciales (García de la Vega, 2019).

El hecho de que la mayoría de estos datos abiertos o datos públicos contengan información geográfica (Bernabé-Poveda, *et al.*, 2012), es decir, un componente espacial, hace que se hable de geodato o dato referenciado en el territorio, es decir, contiene un atributo con la referencia geoespacial o territorial (González *et al.*, 2016) mediante alguna de las formas de geocodificación al uso (coordenadas UTM,

coordenadas geográficas -longitud y latitud-, calle y número, sección censal, referencia catastral, *What3Words*, el código adjudicado por *Google Maps* u otras). Otros atributos que contiene el geodato, propios de la información geográfica (IG), son los temáticos o descriptivos y los temporales (Bañares *et al.,* 2001).

El sector geoespacial, que trabaja con datos localizados en el territorio, resulta cada vez más demandante de empleo, de hecho se recogen más de mil empleos relacionados con la información geográfica y los SIG relacionados con todos los ámbitos socioeconómicos y ambientales: agricultura, industria, patrimonio arqueológico, cambio climático, historia, deportes, gobernanza… (https://gisgeography.com/gis-applications-uses/) muchos de ellos empleos antes desconocidos y siguiendo esta trayectoria habrá muchos otros que todavía no se han generado. Esto ha llevado a la UE a crear un programa propio que desarrolle la competencia digital para el empleo (Centeno *et al.*, 2019).

Los propios datos abiertos en el marco de la legislación citada y de los constantes avances que la tecnología ofrece, son un reto a aplicar al proceso de enseñanza-aprendizaje de la Geografía, así para para Rivas-Rebaque, Gertrudix-Barrio y de Cisneros de Britto (2019):

> "Los datos abiertos constituyen un recurso para el aprendizaje de primer orden, que permite la comprensión objetiva de la realidad y una práctica válida para el desarrollo de la innovación educativa en el contexto cambiante de nuestro tiempo. Igualmente, permiten el desarrollo de habilidades que favorecen la reflexión y la construcción del pensamiento crítico, el fomento de la autonomía para la resolución de problemas e impulsan el empoderamiento del estudiante en la toma de decisiones. Además, interesan por la fiabilidad de las fuentes de origen, la facilidad de acceso, la posibilidad de reutilización, la igualdad de oportunidades que brinda y la participación activa que fomenta".

Esta misma idea de impulsar el pensamiento crítico ha sido una de las líneas de investigación en el proyecto europeo GI Learner, lo que se realiza construyendo un

pensamiento espacial basado en geodatos de primera mano y en la cartografía resultante (Flynn, 2018; Zwartjes y Lázaro, 2019; De Miguel y De Lázaro, 2020), habiéndose observado en el mismo la dificultad que entraña para los estudiantes el conocimiento de la calidad (fiabilidad y veracidad) del dato.

Por ello se impulsan iniciativas desde la docencia, como es la creación del *National Geospatial Technology Center of Excellence* (*GeoTech Center*) en EE.UU. (Johnson *et al.*, 2013) con el que se impulsa de forma específica la formación del profesorado en geotecnologías. En este mismo país, la iniciativa del *Geospatial Semester* de la Universidad de James Madison, colabora con los centros escolares impulsando este tipo de formación en los estudiantes (Kolvoord, 2012; Kolvoord, Keranen y Rittenhouse, 2019).

No solo es importante el acceso libre a la información disponible en repositorios virtuales sino también el que estos datos libres sean de calidad. La calidad del dato es demasiado importante como para ignorarla. Los datos ratifican o no las afirmaciones cualitativas expresadas y las preguntas de investigación. Existen hoy estándares que nos permiten definir esa calidad a través de los metadatos, que son guías que describen los componentes de los datos que corresponden a una información geográfica determinada (autor, año, proyección utilizada, etc.). Todo ello dará como resultado el grado de usabilidad o utilidad del geodato. Entendiendo por usabilidad como: "la experiencia agradable o la cualidad que hace que los portales de datos abiertos u *open data*, sean más claras y más sencillas para el adecuado manejo y operabilidad de los usuarios" (González y Lázaro, 2011; Lázaro y González, 2012). De hecho la estandarización ISO ofrece dos definiciones de usabilidad que hacen siempre referencia a la utilidad y funcionalidad de los datos y a la experiencia del uso que se hace de ellos:

> ISO/IEC 9126: "La usabilidad se refiere a la capacidad de un software de ser comprendido, aprendido, usado y ser atractivo para el usuario, en condiciones específicas de uso" e ISO/IEC 9241: "Usabilidad es la eficacia, eficiencia y satisfacción con la que un producto permite alcanzar objetivos específicos a usuarios específicos en un contexto de uso específico".

Además, existe un análisis de metacalidad, en este mismo estándar, que mide la exactitud del resultado de la calidad, lo que se ha calificado como confianza, mide la representatividad de la muestra utilizada, y la homogeneidad o uniformidad esperada o comprobada de los resultados. De este modo, las IDE documentan la información espacial, añadiendo los metadatos y facilitan la búsqueda, evaluación y explotación de datos territoriales y espaciales (González y Lázaro, 2011).

Cabe señalar que los organismos que actualizan los datos, se preocupan tanto por la calidad del dato, como por la usabilidad o experiencia agradable de los usuarios (utilidad) que acceden a los datos (González y Lázaro, 2011; Lázaro, 2012; Jiménez, Yépez y Vázquez, 2014; Bernabé y González, 2014; González, 2015); la interoperabilidad de los datos (Martínez Usero, 2004; Casado, 2006; Bartha y Kocsis, 2011; Bernabé y López, 2012), lo que exige que puedan ser tratados con distintas herramientas. Todo ello posibilita su reutilización, mediante descargas directas para consultarlos offline o mediante su visualización empleando algún servicio, de esta forma es posible obtenerlos y buscar nuevo sentido a esos datos. Permiten además obtener una retroalimentación (o *feedback*) por aquellos que los utilizan. De este modo, se da una colaboración y participación de todos los usuarios, como ciudadanos responsables del siglo XXI. Éstos emiten sus modificaciones o sus resultados sobre los datos consultados en Internet, haciendo que la información esté más enriquecida, más pulida, más clara y más fiable.

Belgiu, Strobl y Wallentin (2015) resumen en tres las iniciativas que contribuyen al intercambio de datos espaciales, la reutilización y la integración en las redes distribuidas: (1) Infraestructura cibernética (CI) e infraestructuras de datos espaciales (IDE); (2) fuentes de datos abiertos, como iniciativas de datos de gobierno abierto y datos de crowdsourcing; y (3) especificaciones de servicios web abiertos. Así, la creciente disponibilidad de datos geolocalizados y tecnologías geoespaciales impulsa la innovación y el hallazgo de nuevas conclusiones. Aunque algunos autores ven el riesgo de extraviar el foco en la fundamentación del espacio y lugar en este vasto "mar ciber" de datos y tecnología (Shook *et al.*, 2019).

La importancia de la geoinformación y de las IDE se incrementa con la habilidad de crear contenido en línea, algo posible desde la existencia de la Web 2.0, y el hecho de que los dispositivos móviles sean capaces de recoger las características de la ubicación, acceder a las imágenes de satélite y a los mapas en línea. Así una parte de esa información que son las imágenes de satélite con la resolución y las bandas integradas para su mejor empleo, están cada vez más accesibles, lo que facilita que la ciudadanía esté cada vez más involucrada en la cartografía y en el empleo de datos espaciales, algo que antaño estaba restringido a profesionales muy especializados (Van den Homberg y Susha, 2018).

El acceso a la geoinformación viene facilitado por el desarrollo de una infraestructura de datos espaciales (IDE). Sin embargo, en todas las áreas del mundo no están igualmente desarrolladas, así en los países africanos tienen todavía muchos problemas (Makanga y Smit, 2010).

2.1.2 La Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE)

Las indiscutibles ventajas de las IDE abordadas desde distintos puntos de vista a lo largo de esta tesis, exigen explicar qué es una Infraestructura de Datos Espaciales y en qué consisten los contenidos del geoportal de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) iniciado en 2004 (Capdevila i Subirana, 2004), que es el que se considera que aporta la mayor cantidad de material con potencial docente para los estudiantes en nuestro país.

GINIE (2003) define las IDE como el "marco de políticas, disposiciones institucionales, tecnologías, datos y personas que hacen posible el compartir y usar la información geográfica (IG) de modo eficaz" y Béjar *et al.*, (2009) lo consideran un:

> "Sistema de sistemas integrado por un conjunto de recursos muy heterogéneo (datos, software, hardware, metadatos, servicios, estándares, personal, organización, marco legal, acuerdos, políticas, usuarios…),

gestionado por una comunidad de actores, para compartir IG en la web de la manera más eficaz posible".

Así, las Infraestructuras de Datos Espaciales o IDE son aplicaciones informáticas en forma de geoportal, que no almacenan contenidos, sino que ofrecen enlaces, nodos y un directorio de servicios en Internet a una amplia información geográfica (IG) bien gestionada, para evitar reiteraciones, e impulsada por la voluntad política y organizativa que permite el acceso. Será por tanto el organismo o la autoridad responsable del servicio publicado la que mantenga el control y la actualización periódica del dato, de modo que el portal es un punto de localización de servicios y contenidos geográficos. De este modo, distintos organismos proporcionan enlaces a la IDEE para hacer accesibles sus datos empleando los estándares señalados. Con ello se impulsa la eficacia, eficiencia, transparencia, interoperabilidad, estandarización, reutilización de los geodatos en las IDE de forma abierta y accesible y la eficiencia de las inversiones públicas derivada de que se facilita el intercambio de información geográfica entre las corporaciones públicas, acercando usuarios, instituciones e impulsando a la pequeña empresa, a los académicos y al sector público que se benefician de la (geo)información (*véase* Figura 2).

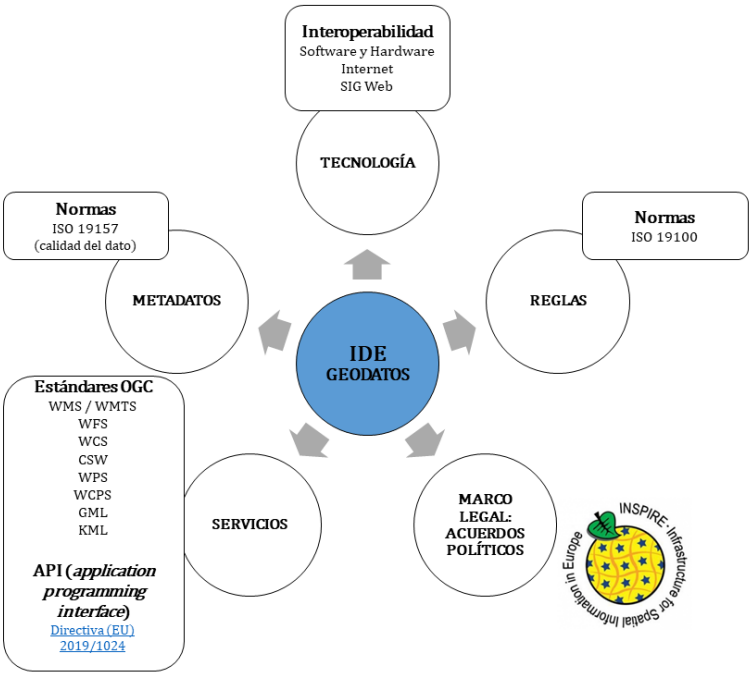


Figura 2. Elementos esenciales en las Infraestructuras de Datos Espaciales

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero, atendiendo a Iniesto y Núñez (2014)

La **interoperabilidad** es una cualidad innata de las IDE que exige una tecnología basada en el empleo de estándares para que sea posible el intercambio de los datos, para ello se ha elegido la normativa establecida por el *Open Geospatial Consortium* (OGC), que se inicia en los noventa, y las normas ISO 19100, que el Consejo Superior Geográfico de España y el Instituto Geográfico Nacional, responsable de la IDEE, van adaptando. Bajo estos estándares, las IDE ofrecen un catálogo de datos cada vez mejor organizado y más amplio (Capdevila, 2004; Granell, *et al.*, 2009; Groot y McLaughlin, 2000). Algunos autores segmentan la interoperabilidad y hablan de la interoperabilidad posicional, como un elemento de calidad esencial en la información geográfica (Ariza, 2009), llegando incluso a contribuir a la construcción de la reciente *Guía para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales* (2018).

La *Infrastructure for Spatial Information in Europe* (INSPIRE, inspire.ec.europa.eu) (Comisión Europea, 2004) se adapta a España con la Ley 14/2010, de 5 de julio, sobre

las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE) modificada recientemente por la Ley 2/2018, de 23 de mayo, que impulsan las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y ofrecen datos en continuo proceso de actualización, de ahí el interés en las mismas como objeto de estudio de la presente investigación.

En el caso de la IDEE, **el marco legal**, como se ha señalado, es la adaptación de la Directiva INSPIRE (*Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*, UE, 2007) y sus leyes sucesivas a la legislación española derivada de la citada ley LISIGE (España, 2010). La IDEE:

> "es el resultado de la integración, en primer lugar, de todas las IDE establecidas por los productores oficiales de datos a nivel tanto estatal como autonómico y local, y en segundo lugar, de todo tipo de infraestructuras sectoriales y privadas. En cada comunidad autónoma y organismo de la Administración General del Estado (AGE) hay un representante, responsable de la implantación de la IDE en su región y en el organismo de la AGE" (www.idee.es).

La mayoría de los organismos públicos españoles ofrecen **servicios** de visualización WMS (*Web Map Service*), actualmente más de 2277 (www.idee.es, 2020) de las que 98 ofrecen este mismo servicio de visualización de capas empleando teselas (servicios WMTS, *Web Map Tile Service*), lo que permite cargar el mapa "en trozos" o *tiles* de forma simultánea, el usuario no aprecia la diferencia, y la cartografía se carga mucho más rápido. Otra forma de ofrecer los datos, es ampliando a la opción de bajarlos al propio disco duro, como sucede con los servicios WFS (*Web Feature Service*), que permiten la consulta, visualización y descarga de las capas de datos con todas sus propiedades (información vectorial –puntos, líneas y polígonos-y alfanumérica relacionada), lo que hace posible su manipulación (reclasificación y otras operaciones para estudios más profundos) y los WCS (*Web Coverage Service*) con las mismas prestaciones pero para coberturas ráster o modelos digitales del terreno que son datos organizados en celdillas.

La IDEE cuenta con 454 instituciones que ofrecen servicios WFS y 37 instituciones con servicios WCS en julio 2020. Se han incorporado después los servicios ATOM, que permiten publicar información en forma de '*feeds*' por ejemplo, los canales RSS. Por ejemplo, la UNED cuenta con un repositorio en abierto con estos servicios que valora indicadores de los ODS: http://gesmant.uned.es/otom_opendata/. Existen también los catálogos de datos, CSW (*Web Catalogue Service*), que facilitan la búsqueda y el intercambio de datos mediante los metadatos.

Otros formatos que facilitan la ubicación del dato y ocupan menos espacio, son los basados en el XML, como el GML (*Geography Markup Language*), para la transmisión y almacenamiento de la información geográfica, incluyendo geometrías y atributos y el empleado por Google Earth, KML (*Keyhole Markup Language*), que permite representar datos geográficos en tres dimensiones. Los servicios de procesamiento de datos (WPS) permiten hacer análisis territorial en la nube, algo que es posible realizar en CartoCiudad, por ejemplo.

A todos estos servicios de datos se añaden las interfaces abiertas de programación de aplicaciones (en inglés, *application programming interfaces*, APIs), que permiten también recopilar e intercambiar datos, reguladas por la Directiva (UE) 2019/1024.

Los servicios disponibles en la IDEE se ordenan en función del área territorial del organismo (nacional, comunidad autónoma, local, internacional y otros) https://www.idee.es/web/guest/directorio-de-servicios y dentro de ellos se puede consultar el tema al que se refiere el dato que se ofrece. También el Sistema de Información Geográfica Nacional (SignA), que es el nodo natural de la IDEE mantenido por el Instituto Geográfico Nacional (IGN), disponible ofrece un listado actualizado de estos servicios Internet. El portal datos.gob.es https://datos.gob.es/es/iniciativas ofrece un mapa en continua actualización sobre los organismos y entidades que publican datos abiertos sobre el territorio español.

No se entra en mayor detalle de estos servicios, puesto que están en continuo crecimiento y es necesario que una vez establecido el objetivo de estudio y la escala

territorial del tema a trabajar se busque el más adecuado en cada caso, a través de la institución internacional, nacional o regional responsable del dato, como se ha realizado en las experiencias de aula que se exponen en esta tesis.

Es esencial conocer los **metadatos** del dato que se emplea, que obedecen a estándares cuya norma más reciente es la ISO 1157 (que ha reemplazado a las anteriores ISO 19113, 19115 y 19038). Los metadatos permiten organizar, descubrir y mejorar el acceso a la información compartida, son de obligatorio cumplimiento en las IDE. La calidad de los datos exige medir la calidad de la unidad del dato a través de los elementos que definirían la usabilidad, de la que ya se ha hablado y son (Ariza *et al.*, 2018) (Tabla 2):

- Compleción, los datos están completos en sus atributos y relaciones (completitud). No hay omisiones o elementos faltantes ni comisiones o elementos sobrantes.

- Consistencia lógica, los datos son analizables como consistentes en relación al concepto que representan, al formato y a la topología, cumpliendo las reglas para ello en el conjunto de datos, atributos y relaciones.

- Calidad temporal, precisión en sus atributos y relaciones temporales. La medida de tiempo y la validez temporal dan como resultado el grado de consistencia temporal.

- Exactitud temática, por la que sus atributos, sus relaciones y clasificaciones son precisas, exactas y correctas.

- Exactitud posicional, los datos espaciales se ubican en una posición precisa dentro de un sistema de referencia con distintos matices:

    - Exactitud posicional absoluta o externa, los valores coinciden o son muy próximos a los valores reales y verdaderos aceptados.

- Exactitud posicional relativa o interna. Proximidad de las posiciones relativas de los objetos geográficos de un conjunto de datos a sus respectivas posiciones relativas verdaderas o aceptadas como tales.

- Exactitud posicional de datos en malla, la posición de los datos siguen una estructura de malla regular próximos a los valores verdaderos o aceptados como tales.

Para ello, es necesario especificar:

1) La(s) unidad(es) de la calidad de datos (DQU), compuesta por un ámbito y por elemento(s) de calidad. Deberían utilizarse todos los elementos pertinentes para los datos cuya calidad va a ser descrita.

2) Las medidas de la calidad de datos, una medida para cada elemento es lo ideal, y en su defecto un resultado descriptivo.

3) Los procedimientos de evaluación de la calidad de datos o aplicación de uno o más métodos de evaluación.

4) El resultado o la salida de la evaluación de la calidad de datos.

Todo ello aplicado a las principales dimensiones o atributos del dato geográfico o geodato ya señaladas (espacial, temática y temporal) se traduciría en (Tablas 2 y 3):

Tabla 2. Criterios de calidad en relación a las dimensiones del dato geográfico

	DIMENSIONES DEL DATO GEOGRAFICO		
CRITERIOS DE CALIDAD	**Espacial**	**Temático**	**Temporal**
Completitud	Presencia o ausencia de un fenómeno	Ausencia de registros incompletos	Series temporales completas sin lagunas
Consistencia lógica	Topología (coherencia en la relación con otras capas de datos y con los datos de la misma capa)	Coherencia en la estructura de los datos. Ausencia de valores fuera del rango establecido.	Homogeneidad de unidades de medidas en la serie temporal
Calidad temporal	Establecer una unidad temporal y espacial concreta para medir la calidad del dato	Precisión de atributos y relaciones temporales de fenómenos	Precisión de la medición del tiempo, consistencia temporal y validez temporal
Exactitud temática	Establecer una unidad espacial concreta para medir la calidad del dato	Precisión de los atributos cuantitativos y la corrección de los no cuantitativos, y las clasificaciones de los fenómenos y sus relaciones.	Establecer una unidad temporal y espacial concreta para medir la calidad del dato
Exactitud posicional	Precisión en las coordenadas medidas	Precisión en la ubicación del tema	Precisión en la ubicación del dato temporal

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero, atendiendo a Ariza *et al.* (2018).

Tabla 3. Problemas en relación a las dimensiones del dato geográfico

	DIMENSIONES DEL DATO GEOGRAFICO		
PROBLEMAS	**Espacial**	**Temático**	**Temporal**
Resolución	Unidad mínima de observación (tamaño del píxel en el modelo ráster y tamaño de la entidad mínima en el modelo vectorial)	Unidad mínima de medida en datos cuantitativos y nivel de desagregación de la información en los datos cualitativos	Frecuencia de la serie temporal
Escala	Unidad Espacial Modificable / Generalización	Generalización	Generalización
Errores	Diferencia entre las coordenadas medidas reales y esperadas	Diferencia entre lo observado y la realidad	Idoneidad de las fechas de los datos disponibles para el objetivo del estudio

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

Las IDE necesitan una tecnología que permita el acceso a sus datos, como por ejemplo, los globos virtuales, los visores cartográficos, los programas de los Sistemas de Información Geográfica o las SIG Web.

2.1.3 Las SIG Webs en el ecosistema de datos abiertos

El acceso a los geodatos de los servicios que las IDE ofrecen exige una conexión a Internet y un software o programa "cliente", que puede o no necesitar una instalación previa. Hablamos de cliente ligero cuando la instalación no es necesaria y funciona directamente en el navegador, como el propio visor de programas IDEE (2019), los de las comunidades autónomas, otros visores del IGN como Iberpix, CartoCiudad, SignA, o el SIG en la Nube de la empresa ESRI aparecido en 2012 con el nombre de ArcGIS Online, que ha sido el más empleado en esta tesis doctoral por las prestaciones que ofrece, como se señaló anteriormente, la sencillez de su manejo, el tener una parte libre y el que los centros escolares no universitarios puedan acceder a la licencia de pago de forma gratuita.

Cuando para establecer la conexión a los datos el programa exige una instalación previa del mismo, se conoce como cliente pesado, por ejemplo el globo virtual de Google Earth, aparecido en 2005, y la mayoría de los programas o software de Sistemas de Información Geográfica *desktop* o instalables en local en un ordenador.

Todos estos programas permiten la conexión a los datos mediante servicios estandarizados del *Open Geospatial Consortium* (OGC) y únicamente algunos de ellos permiten las descargas directas de la información geográfica que contienen las IDE (en distintos formatos, capas shapefile, kml, kmz, ficheros de texto, csv, tsv...).

Para todo ello, es imprescindible entender el llamado ecosistema de los datos (Van den Homberg y Susha, 2018), que comprende una serie de normas y herramientas de transmisión de datos, tales como estadísticas, metadatos que permiten el intercambio de datos, interfaces de programa de aplicación web (API) para recopilar e intercambiar

datos, las infraestructuras de datos espaciales del proyecto europeo INSPIRE, esenciales para la integración de datos desde distintas fuentes y dar soporte a diferentes iniciativas (Klievink *et. al.*, 2017).

El potencial de las IDE para mantener y actualizar los datos hace que modernos atlas nacionales o temáticos se actualicen "de forma semiautomática" si su software se integra en la Infraestructura Nacional de Datos Espaciales, y su actualización se producirá a continuación de la llevada a cabo por el organismo responsable de los datos del propio país. El mapa base empleado por excelencia por ser de uso libre es el OpenStreetMap (OSM), que es una carto-plataforma colaborativa que ha sido posible por la existencia de la Web 2.0, con el OSM se ha realizado por ejemplo el "Atlas electrónico de peligros naturales, tecnológicos, sociales y riesgos de emergencias en Ucrania" (AtlasES). Todos estos avances son esenciales herramientas en la educación en geografía y cartografía (Chabaniuk y Rudenko, 2019).

Este camino que refleja la creciente importancia de las tecnologías digitales espaciales, puede ser potenciado por distintos programas internacionales, como son desde el ámbito de la Unión Europea, la Agenda Digital 2020, que pretende impulsar este campo científico-tecnológico; DigComp (2016 y Kluzer y Pujol, 2018), el marco común de la Competencia Digital Docente (INTEF, 2017), el *Digital Education Action Plan* (en consulta pública hasta septiembre 2020), la directiva INSPIRE y el programa europeo Copernicus (Juckes, 2018; Yagüe, 2018), cuyos sensores remotos y terrestres han incrementado la información disponible.

En una escala mundial, el programa denominado "Global Geospatial Information Management, UN-GGIM" lanzado por la ONU fomenta el empleo de información geoespacial. Siguen creciendo las iniciativas de intercambio de datos espaciales de forma libre con iniciativas como *Free and Open Source Software for Geospatial* (FOSS4G) que organizan eventos anuales que reúnen a aquellos que emplean recursos abiertos, por ejemplo *Geo For All* (https://www.osgeo.org/initiatives/geo-for-all/) .

La demanda relacionada con la educación geoespacial (Delgado-Peña y Subires-Mancera, 2019) enfatiza la competencia web, relacionada con SIG Web (*web service, web mapping, web tools, sensor web*), la web participativa y el desarrollo de aplicaciones móviles basadas en la ubicación (SIG móvil). Todas ellas generan mapas organizados en capas que permiten comunicar los resultados de una investigación de aula, mostrar una realidad territorial, analizarla, crear aplicaciones de mapas web, recolectar datos empleando herramientas de cartografía colaborativa basada en las aportaciones de la ciudadanía, realizar simulaciones sobre los datos que presentan, en definitiva, aprender (Manson *et al.,* 2014; Kerski y Baker, 2019). Así, es técnicamente posible manejar un solo mapa o una sola capa de datos, pero también un conjunto de mapas organizados en la nube o un mapa Web con un conjunto de capas de datos referenciados en el espacio o geodatos que se ajustan posicionalmente a la perfección una a otras que se pueden concatenar relatando una historia a través de los mapas o *story map*.

Con todo ello se crea y recrea la cartografía interactiva (De Miguel y Buzo, 2020) adaptada a las necesidades del usuario, de aparición reciente, también, en la docencia, habiéndose demostrado sus cualidades motivadoras, y por tanto de mejora del aprendizaje (Songer, 2010). Todo ello explica que su empleo esté cada vez más generalizado (Slocum *et al*., 2009) y esté revolucionando la forma en que la información geográfica está llegando a las aulas escolares proporcionando un conocimiento geográfico significativo (Fargher, 2018). Kerski y Baker (2019) aconsejan el empleo de los SIG Web para crear mapas web y analizarlos después. Se trata de una herramienta muy útil con resultados probados en la enseñanza secundaria, no sólo en temas de geografía y territorio, como en el Atlas Digital Escolar (De Miguel, Buzo, y Lázaro, 2016; De Miguel, *et al*., 2016) sino también en Arte (Álvarez, 2014a). Se muestra así el potencial de interacción que se deriva de la cartografía en línea en una SIG Web, como un método efectivo para comunicar un gran volumen de datos, pero queda por demostrar en esta tesis su efectividad con la integración de las IDE, cuando se ha considerado que esta efectividad depende de la alfabetización espacial del observador (Clagett, 2009).

Aunque existe una amplia literatura sobre el empleo de los SIG en educación secundaria (Kerski, 2003; Baker, 2005; Bednarz, 2004; Bednarz y Van der Schee 2006; Boix y Olivella, 2007; Lázaro y González, 2005, 2007; Milson *et al.*, 2012; Goldstein y Alibrandi, 2013) es más escaso el empleo de SIG Web o SIG en la nube (Baker, 2015; Fargher, 2018; De Miguel, 2019), y es prácticamente nula la integración de la información de las IDE en los mismos. La conexión a las IDE con distintas finalidades docentes, por las ventajas señaladas, se realizarán mediante SIG Web, lo que hace más eficiente su aprovechamiento, favorece el desarrollo competencias digitales y espaciales (Lam *et al.*, 2009; Bodzin, 2011; Lee y Bednarz, 2012; Favier, 2013; Kim y Bednarz, 2013; Monson *et al.*, 2014; Lobben y Lawrence, 2015) y el pensamiento crítico espacial (Baker *et al.*, 2012; Baker *et al.*, 2015; Bearman *et al.*, 2016) propio del empleo de datos primarios.

Se parte de la base de que el aprendizaje sobre un tema territorial dado mejora con el empleo de las IDE a través de la interacción con la herramienta SIG Web, que va más allá del análisis de la simple visualización de sus datos y su escala (*zoom*), y de permitir activar y desactivar capas, cambiar los intervalos de la leyenda de los mismos, conectarse a servicios de mapas disponibles en línea y añadir así más información para permitir aprender a trabajar en equipo y en colaboración. "Se favorece además la curiosidad científica a través del análisis o exploración según necesidades, capacidades, criterios o intereses empleando herramientas en ellas de *Filtro*, *Añadir datos*, *Selección*. Lo que facilita el aprendizaje personalizado (De Lázaro *et al*, 2017). Todo ello permite, un mejor conocimiento del territorio que permite a la comunidad educativa involucrarse como ciudadanos y aprender a tomar decisiones, con un mejor conocimiento de la realidad, de forma consensuada y colaborativa" (Guallart y Lázaro, 2020). Su empleo efectivo favorece la comprensión teórica de los problemas espaciales siempre y cuando se hayan desarrollado las habilidades técnicas asociadas, que es una barrera que señalan Bearman *et al.* (2016).

Las intervenciones de aula realizadas en el marco de esta tesis doctoral, ha empleado la herramienta ArcGIS Online, que no sólo permite conectarse con facilidad a la mayoría de los servicios IDE, sino que además cuenta con sus propios datos que pone a

disposición del usuario tanto a través del *Living Atlas*, como de una política de compartir datos dentro de la plataforma entre los propios usuarios.

2.2 La responsabilidad social sobre el territorio y su vinculación con los ODS

En este marco tecnológico y legislativo, en el que organismos e instituciones ofrecen datos abiertos, en sus distintas plataformas y formatos (repositorios virtuales, centros de descargas, visualizadores u otros), la mayoría de ellos referenciados a un territorio, queda una gran cantidad de geoinformación al servicio de la ciudadanía responsable en sus dimensiones ecológica y socioeconómica, esto es, que contemple los problemas de sostenibilidad que tienen lugar en el territorio. Esta idea ha sido también desarrollada por la *Geo-Referenced Infrastructure and Demographic Data for Development initiative* (GRID3), creada por *Bill and Melinda Gates Foundation*, con ella se impulsan actividades que permiten utilizar tecnología geoespacial para hacer un mapa con puntos de interés clave, por ejemplo, hospitales y centros de salud, escuelas, áreas industriales, puntos de agua o redes de carreteras (Ortigara *et al.,* 2018). La visualización de los asentamientos y sus características a través de estos datos aportan una información crítica para entender los procesos de desarrollo sostenible.

2.2.1 La responsabilidad social como enfoque transformacional

La responsabilidad social es un concepto que viene del mundo de las ciencias económicas y empresariales, en el que se hace referencia a la responsabilidad social corporativa. Sin embargo, en educación se han realizado algunas propuestas desde los estudios universitarios, como demuestra la literatura científica sobre la responsabilidad social en los últimos diez años (Martínez Martín, 2008; Vallaeys, *et. al.*, 2009; Gaete Quezada, 2011; Cantú-Martínez, 2013; Domínguez y Rama, 2016).

Como señala Gaete Quezada (2011) el concepto de responsabilidad social ha recibido muchas definiciones e interpretaciones, además dichas interpretaciones se confunden con la responsabilidad social corporativa, concepto más relacionado con las Ciencias Económicas. Por ello, es necesario clarificar que la dimensión que se escoge en este estudio es la social y ética con el objetivo de un avance en los conocimientos, destrezas, comportamientos y actitudes que den como resultado la mejora de una sociedad más justa y más equitativa, en la línea de los ODS. En la educación secundaria, este enfoque transformacional no está suficientemente incluido en las leyes educativas de la formación del alumnado y del profesorado, necesidad pendiente que esta investigación pretende cubrir.

En el ámbito de la educación, la noción de responsabilidad social hace referencia a la función social y al compromiso por parte del ciudadano y su interacción con el territorio, tanto en el orden económico como social. Martínez (2006) identifica tres dimensiones de la responsabilidad social en el ámbito universitario, pero extrapolable a cualquier realidad académica: a) la formación deontológica de las diferentes profesiones, b) la formación ciudadana y cívica, y c) la formación humana, personal y social.

En esta misma línea, el mismo autor en otro estudio recoge que "hay tres vías fundamentales de aprendizaje ético: mediante el ejercicio, por observación y por construcción autónoma y personal de matrices de valores" (Martínez, 2007). Estas vías marcan el itinerario para la formación social del alumnado en las aulas docentes, que siendo ciudadanos de este mundo y de este siglo, deberán observar el entorno, analizar las realidades que se dan en él mismo, y construir una sociedad más justa, más equitativa y más digna.

Si se revisa la literatura sobre la responsabilidad social en los niveles educativos, se podría destacar que se han realizado algunos intentos de darle forma a esta responsabilidad como compromiso social, tanto en el nivel universitario como en la educación secundaria, pero más desde una óptica de la práctica docente que desde la base de las programaciones, teniendo la necesidad de visibilizar el llamado currículo

oculto. Vallaeys (2008) recoge la siguiente interpretación de Apple (1986): "el conjunto de normas y valores que son implícitamente pero eficazmente enseñados en las instituciones escolares y de las que no se acostumbra a hablar en las declaraciones de fines y objetivos de los profesores". Esta afirmación describe la situación de la responsabilidad social en los estudios de enseñanza secundaria.

En la legislación española educativa ha habido algún intento a través de la obligatoriedad de algunas áreas (educación en valores, valores, educación de la ciudadanía). Sin embargo, lo que esta tesis defiende es que estos valores, en los que cabe la responsabilidad social, deben ser columna vertebral desde cualquier área o ámbito educativo. En el estudio se presenta este valor en relación a las situaciones y realidades que se dan en el territorio.

A continuación se procede a realizar un análisis del contexto en el que se van a dar la responsabilidad social, alineada por un lado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y por otro lado, con el razonamiento geoespacial relacionado con el pensamiento crítico y la actuación con responsabilidad sobre el territorio.

2.2.2 Educar en la sostenibilidad: Los Objetivos de Desarrollo Sostenible

La responsabilidad social invita a realizar preguntas como: ¿habrá alimento suficiente para los 11.200 millones de personas que habitarán el planeta en 2100? El informe Meadows *et al.* (1972) apuntaba que el ideal de sostenibilidad no se puede entender sin cambios en los comportamientos, por ejemplo basados en un consumo responsable y con una visión global del mundo que responda a los retos de la sostenibilidad en el tiempo y en el espacio. De este modo, la responsabilidad social sobre el territorio debería abarcar al menos dos líneas: una escala local, en la que reciclar y reducir el consumo, y una escala global en la que un recorrido por todos los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) ayudaría a buscar alternativas en la corresponsabilidad de los problemas detectados para conseguir las metas de los mismos.

La UNESCO (2015, 2016) impulsa esa ciudadanía global comprometida con el Desarrollo Sostenible. La interpretación del concepto alude a una ciudadanía capaz de resolver activamente los desafíos mundiales y contribuir a un mundo más pacífico, tolerante, inclusivo y seguro; una ciudadanía que asume un rol activo, tanto local como globalmente (Murga-Menoyo, 2018). De Miguel y Lázaro (2020) hablan de ciudadanía espacial, aludiendo principalmente a la dimensión territorial de los citados desafíos, que las profesoras Zúñiga y Sebastián (2017) y el profesor Pueyo (2017) aplican en la ciudad de Zaragoza

No todos los datos en relación a los ODS están disponibles. Poco a poco se va abundando en los indicadores, que se van publicando en distintos repositorios, y aunque el indicador marcado por la ONU no sea el que esté disponible, es posible emplear algún otro relacionado con el mismo objetivo. De hecho, en Polonia emplean una serie de indicadores nacionales, que no coinciden en todos los casos con los marcados por la ONU (Raszkowski y Bartniczak, 2019). Por tanto, encontramos que hay distintas fuentes de datos relacionados con los ODS. Esta tesis se ha centrado en los proporcionados por las Infraestructuras de Datos Espaciales, que hacen halago al carácter social que los datos tienen, al impulsar su reutilización para distintos fines y su difusión. Este hecho nos introduce, más allá de lo que el mundo empresarial aprovecha, en el movimiento "*open*" también aplicado a la educación geoespacial defendido por diferentes autores y redes de investigadores (Anand *et al.*, 2015; Geo for all –Geo4all-; Free and Open Source Software for Geospatial -FOSS4G-, Petra, 2015), a lo que algunos añaden a ello una responsabilidad social, por su importancia como oportunidad para aprender ciencia, principalmente aplicada al territorio (geoespacial).

La primera vez que los gobiernos se decantaron por una declaración de intenciones para la cooperación al desarrollo, fue con la firma de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM) en la Cumbre del año 2000, que recoge movimientos ambientalistas anteriores. Se proponen 15 años para su consecución, si bien la realidad es que no se alcanzaron los objetivos previstos en el año 2015, y ello a pesar de la promulgación por las Naciones Unidas de la Década de la Educación para el Desarrollo Sostenible

(UNSDD, 2005-2014) (UNESCO, 2002). Naciones Unidas ahonda y retoma esta línea y amplía los 8 Objetivos enumerados en la Cumbre del Milenio hasta los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible actuales, uno de ellos, el número cuatro sigue estando específicamente dedicado a la educación: "Garantizar una educación inclusiva, equitativa, y de calidad y promover oportunidades de aprendizaje durante toda la vida para todos".

Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (2015-2030) han sido aprobados por 193 Estados miembros de la ONU en septiembre de 2015, y su puesta en práctica comenzó en enero 2016. Con ellos, se pretende avanzar en el desarrollo sostenible, ante la inminencia de un mundo claramente insostenible, demostrado ya con evidencias científicas. Para conseguirlos será necesaria la colaboración de todos los ciudadanos (sociedad civil, médicos, profesores….) impulsados por los gobiernos, desde la alta administración de los Estados hasta las autoridades locales.

En la Agenda 2030 se concretan estos objetivos, cuya prioridad es en primer lugar, erradicar la pobreza extrema y el hambre, con una actitud conciliadora y cooperativa. Se organiza en 169 metas, que interaccionan entre sí, y a su vez se sugieren una serie de indicadores (Breuer, Janetschek y Malerba, 2019). Los sugeridos por la ONU rondan los 230, con ellos se valora la evolución de la consecución de los ODS, y se hace posible comparar regiones y países, y además, determinar los impactos ecológicos y sociales que cada país provoca sobre los demás, lo que la profesora Murga-Menoyo (2018) afirma que evidencia la justicia social. Sachs *et al.* (2017) hablan de que evidencian la huella ecológica. En esta tesis se considera que desde la perspectiva del propio ciudadano, invitan a la responsabilidad social sobre el territorio, haciendo referencia a la ciencia geográfica y a otras ciencias territoriales. Estas evidencias de algunos de los indicadores se pueden obtener de los geodatos que aportan las IDE a través de la conexión a sus servicios.

Desde hace años la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE-CADEP, 2012) integra el Grupo de Trabajo "Sostenibilización Curricular" para propiciar la inclusión de la sostenibilidad en el currículo universitario. En esta línea, Sterling

(2004) considera que la integración de la sostenibilidad en la educación comprende tres niveles: educar acerca de la sostenibilidad, educar por la sostenibilidad y educar para la sostenibilidad. El primer caso supone profundizar en el conocimiento de la relación hombre-medio, educar por la sostenibilidad une el conocimiento y la acción que favorezca los cambios necesarios para alcanzar la sostenibilidad. Y la educación para la sostenibilidad conlleva un cambio transformador, que supone ver las cosas de forma diferente más allá de hacer las cosas mejor y de hacer mejores cosas. Este tercer estadio es el que se considera como el propio de la sostenibilización curricular (Bautista-Cerro, Murga-Menoyo, y Novo, 2019), que supone más que educar sobre o acerca la sostenibilidad, educar para la sostenibilidad.

Así, el modelo educativo que se defiende para el aula, en este contexto es educar para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), como un modelo abierto, cuya aplicación al aprendizaje geoespacial hace a Sui (2014) barajar los ocho componentes ya citados, que vamos a tomar en su mayoría, lo que supone emplear al menos datos abiertos y estándares abiertos en línea (IDE), software y hardware abierto (SIG Web), publicación e investigación en abierto y en colaboración. El mismo autor cita entre las oportunidades e impedimentos los *environmental impacts & sustainability goals*, ya que en este marco *open* considera como fundamental una ciencia ciudadana enfocada a los problemas geográficos o territoriales que asolan el planeta, en la línea del informe del National Research Council (NCR, 2010). De ahí la necesidad de que el profesorado esté preparado con una formación tecnológica docente aplicada a su docencia para emplear, transmitir a sus estudiantes y compartir todas estas posibilidades *open* que la sociedad y las tecnologías ofrecen.

2.2.3 El razonamiento geoespacial contribuye a diseñar acciones responsables sobre el territorio

El cada vez más empleado término geoespacial significa cosas diferentes para diferentes personas, así denota una ciencia, una colección de herramientas utilizadas

en diversos campos. Para el Departamento de Trabajo de EE.UU., y para muchos educadores, geoespacial significa una industria en rápido crecimiento que genera oportunidades de empleo para trabajadores calificados (DOLETA, 2010; DiBiase *et al.*, 2020).

Stock y Guesgen (2016) definen el razonamiento geoespacial como la ubicación de los objetos en la tierra (en relación con la inferencia de relaciones espaciales) y el aprendizaje a través de los datos geoespaciales (por ejemplo, relacionados con los atributos de datos de naturaleza geoespacial).

Así los mismos autores (Stock y Guesgen, 2016) distinguen entre: a) la descripción ontológica del dominio que emplea datos geoespaciales; b) el razonamiento necesario para emplear los servicios Web, por ejemplo, la resolución del dato. Diferencian varios tipos de razonamiento: i) espacial cualitativo, como son las relaciones topológicas (por ejemplo el hecho de que hay usos del suelo que no deben estar contiguos, concretamente, basurero y la escorrentía de una cuenca hidrográfica); ii) espacial probabilístico, cuando las cosas no son del todo verdaderas o del todo falsas; en ocasiones se emplea también un razonamiento vago o poco preciso, es decir, un razonamiento relacionado con el atributo del dato y no con la geometría, y con ellos se toman decisiones, como sucede con los tifones o la valoración del peligro de una carretera; el aprendizaje por descubrimiento o heurístico, más que por axiomas (Stock *et al.*, 2015); iii) el razonamiento espacial está también centrado en el contexto y éste a veces cambia en función de la ubicación, por ejemplo, la definición de migrante varía de unos países a otros.

El razonamiento espacial está estrechamente ligado con el pensamiento espacial y el pensamiento geográfico. Como señala el profesor De Miguel (2015) el pensamiento espacial tiene tres funciones: descriptiva, analítica e interferencial; todas relacionadas con la adquisición del conocimiento geográfico por el alumnado, que deberá comprender y representar espacialmente, para ello, una SIG Web tiene un gran valor, ya que se pueden realizar las siguientes actividades: describir y analizar para después actuar sobre el territorio de forma responsable con el conocimiento adquirido. Todo

ello en relación con las vías que Martínez (2007) proponía para que un ciudadano lleve a cabo sobre el territorio con responsabilidad social. Aunque no se deben olvidar los aspectos más relacionados con la disciplina geográfica:

> "escala, información geográfica (gráfica/trabajo de campo, estadística, cartográfica), procesos territoriales (físicos y humanos), interacción sociedad-medio ambiente, paisaje, sistemas territoriales, cambio global, desarrollo sostenible, interdependencia, diversidad." (De Miguel, 2015).

Este razonamiento geoespacial se apoya en el dato, en las tecnologías que permiten su visualización y en la acción transformadora; aplicando una metodología activa en el proceso de enseñanza-aprendizaje con una didáctica de la geografía práctica y competencial, como defiende Marrón Gaite (2011). A partir de ahí, se pueden realizar cambios en las realidades que se han observado en el análisis geográfico empleando una SIG Web. De ahí que la responsabilidad del ciudadano sea doble, por un lado, la retroalimentación sobre los datos y la tecnología, y por otro lado, el cambio de actitudes para generar una mejora de la realidad territorial, que se lleva a cabo a través de la acción transformadora. Esta acción "sostenible" está contextualizada en lo que se ha denominado como "pensamiento espacial crítico" (Kerski, 2007, 2015; Kim y Bednarz, 2013; Cook *et al.*, 2014; Bednarz y Bednarz, 2015; De Miguel, 2016), el cual permite un incremento en las acciones que se pueden llevar a cabo con el empleo de geodatos, tecnología y ejerciendo una responsabilidad social sobre el territorio (Álvarez y Lázaro, 2017).

Cuando este proceso de enseñanza-aprendizaje se logra, se habla de ciudadanía responsable, ya que el estudiante deberá saber analizar e interpretar las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades de la situación observable. De este análisis DAFO, los datos y su tecnología plasman visualmente dicha problemática, y la responsabilidad se hace ver en las alternativas que éste propone como posibles formas de mejora.

Todo ello posibilitará que un ciudadano responsable reúna datos, que sean evidencias, que inviten a un cambio de actitudes más acordes con dinámicas de sostenibilidad. Todo ello exige una aproximación transdisciplinar e integrativa (Giezen, Balikci, y Arundel, 2018).

2.3 Oportunidades y claves del currículum para una ciudadanía global

El currículum educativo ofrece un marco de posibilidades que condiciona el diseño de las intervenciones de aula. Los elementos que se han considerado son: el análisis de la legislación educativa española y su relación con las tecnologías, los datos y la responsabilidad social; sus oportunidades para la experimentación en las aulas en el área de Geografía de 3º de E.S.O. en la Comunidad Autónoma de Castilla y León.; y finalmente centrar los elementos clave de las competencias digitales, geoespaciales y sociales.

2.3.1 La legislación educativa española y su relación con la tecnología, los datos abiertos y la responsabilidad social

La legislación educativa española ha cambiado constantemente a lo largo de los últimos cincuenta años (*véase* Tabla 4), y refleja la sucesiva actualización de las habilidades y de los conocimientos que el alumnado debe adquirir para salir a un mundo laboral cada vez más competitivo. Así, las leyes han sido modificadas en consonancia a la evolución de la sociedad, tanto en el ámbito de las tecnologías, en general, como en el ámbito de la conciencia social del entorno y la exigencia de un mercado laboral cada vez más estricto y preciso en competencias y en competitividad.

Se calcula que en el año 2020 habrá más de veinte mil puestos en los que la competencia digital será primordial (Fundación Telefónica, 2019). Algunos profesionales de la

educación están prestando atención a este nicho de conocimiento y por ello, en algunos programas de formación profesional y en algunas asignaturas de manera puntual, se empiezan a utilizar distintas herramientas tecnológicas y programas informáticos.

Las Infraestructuras de Datos Espaciales se pueden englobar como Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC), además, en la actualidad están al alcance de la mayoría de los agentes sociales del mundo educativo, y han impulsado a algunos educadores a dar un paso más y hablar de Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento (TAC), que son tecnologías aplicadas a la actividad docente, en las que muchas de las actividades del aula están compuestas de dos partes, por un lado, el componente tecnológico basado en la herramienta y un componente cognitivo, que está relacionado con los contenidos de la materia que se imparte, lo que potencia el aprendizaje activo y significativo del alumnado y mejora los resultados de aprendizaje en cualquier nivel educativo o formativo. La aplicación de esta práctica educativa a la disciplina de la Geografía nos permite hablar de las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) o geotecnologías, que son las técnicas geográficas aplicadas en la investigación en la disciplina, que sirven de prueba o técnica metodológica en las diferentes hipótesis que los geógrafos se preguntan (Pérez-Rendo, 2013); y de las Tecnologías para el Aprendizaje Geográfico (TAG) (Buzo *et al.*, 2016; Buzo, 2017), que son las herramientas aplicadas a la docencia del empleo de las TIG en las aulas del siglo XXI. El objetivo de que el profesorado se implique en introducir las TAG es aprender la geografía de una manera más vivencial y más experimental, desarrollando la adquisición de competencias geoespaciales en el alumnado (Shin, 2006).

Tabla 4. Cuadro resumen de legislación nacional española y las tecnologías (TIC, TAC, TIG) (1970-2013)

PREOCUPACIÓN POR LAS ... / EN LA LEGISLACIÓN ...	TIC	TAC	TIG
Ley General de Educación (LGE, 1970)	Finales de los años ochenta: Programas fomentando la informática: Plan Atenea (MEC) y Plan Alhambra (Junta de Andalucía, después Averroes)	Enseñanza asistida por ordenador	Atlas en software (PcGlobe, Maps in Facts...) a finales de los años 80.
Ley Orgánica de Ordenación General del Sistema Educativo Español (LOGSE, 1990)	Coordinadores TIC en los centros Dotación masiva de aulas de informática en los centros	Aparecen actividades para los estudiantes con la web 1.0, que supone búsqueda y consulta de datos.	Empiezan los SIG fuera del mundo académico
Ley Orgánica de Calidad de la Educación (LOCE, 2002)	Ningún centro sin ordenador	Impulso desde la administración a los proyectos docentes que emplean las TIC	Programas educativos interactivos
Ley Orgánica de Educación (LOE, 2006)	Las redes WiFi en los centros	La web 2.0 permite el acceso y descarga de datos. Redes sociales y exploración del trabajo colaborativo	Integración de los globos virtuales en la docencia
Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (LOMCE, 2013)	Se impulsa el empleo de dispositivos móviles en las aulas, anteriormente prohibidos.	Creación de entornos virtuales en los centros docentes y empleo generalizado de Campus Virtuales.	Integración del método indagatorio empleando la información geográfica.

¿Qué se considera esencial para el futuro?	Entornos docentes conectados	Empleo generalizado en las aulas de la IDEE y las IDE, como nodos esenciales de la información geográfica	Profesores formados en GISciences capaces de aplicar un enfoque transdisciplinar y solidario que contemple la responsabilidad social sobre el territorio y ayude a la consecución de los ODS.

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero, junto a legislación educativa española citada.

Aunque se han mantenido muchos de los logros introducidos en la LOGSE (1990), como fue la dotación masiva de aulas de informática y los coordinadores TIC en los centros, las siguientes leyes (LOCE, 2002; LOE, 2006) contemplaron el avance tecnológico (dispositivos, redes WiFi, infraestructuras). Sin embargo, en el mundo de las TAC y de las TIG ha habido poco avance hasta la actualidad, debido en mayor medida a que las tecnologías son exponenciales (Navalpotro, 2020) y con ello, ha habido dificultades para introducir en tiempo real todos los avances generados en los últimos años. Esta situación ha impulsado la integración de herramientas muy intuitivas como los globos virtuales, pero no tanto los SIG en la docencia y en las aulas; y por lo tanto, mucho menos la integración de la información geográfica, como son los geodatos y tecnología proveniente de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

Atendiendo a la legislación nacional española vigente en el momento de redactar estas letras, podemos observar que sus principios metodológicos recogen que:

> "la comunicación audiovisual y las tecnologías de la información y la comunicación serán igualmente objeto de tratamiento en todas las materias de ambas etapas. Se deberá proporcionar oportunidades al alumnado para mejorar su capacidad de utilizar las Tecnologías de la Información y la Comunicación, tanto en sus aplicaciones más generales como en aquellas vinculadas a las modalidades u opciones elegidas" (LOMCE, 2015).

Así, ante los profesionales de la Educación está el reto de introducir tecnologías y programas informáticos que favorezcan el proceso de enseñanza-aprendizaje de su propia materia y de las afines, pero ninguna ley expone el cómo ni propone una formación al profesorado para su consecución. Por ello, se considera importante una mejor conexión entre la enseñanza y la vida cotidiana del alumnado, que es una de las muchas asignaturas pendientes de nuestro sistema educativo.

El proceso tecnológico necesita de un aprendizaje personalizado, que no se debe confundir con una individualización del aprendizaje, sino en dar respuesta a las necesidades, motivaciones e intereses del alumnado (Coll, 2018), y en obtener de cada uno aquellas habilidades, destrezas y competencias que sirvan para él mismo y para el grupo o entorno en el que se desenvuelva.

Las TIC exigen utilizar nuevos métodos didácticos, lo que supone el desarrollo de la creatividad del profesorado y una oportunidad de actualización en las prácticas docentes, que es lo que esta tesis defiende para los objetivos marcados.

Para que este cambio se pueda dar, el proceso de enseñanza-aprendizaje debe estar orientado a la optimización de los ambientes de aprendizaje que facilite el uso de metodologías activas; favorezca la dimensión social y personal de los futuros profesionales de la educación; y aporte una visión global y holística del hecho educativo y del mundo, necesaria para el cambio educativo hacia una paradigma en base a una Educación para un Desarrollo Sostenible (EDS), como propone Sáenz-Rico De Santiago (2015).

Esta Educación para un Desarrollo Sostenible se debe dar desde: las iniciativas de la formación inicial del profesorado, un contexto eficaz para introducirles en este paradigma y que sean los futuros profesionales de la educación los que puedan cambiar y transformar el mundo desde las aulas (Gómez-Jarabo *et. al.*, 2019), tal y como marca la Agenda 2030 para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS); y la práctica docente en la enseñanza secundaria, objetivo que persigue esta tesis.

2.3.2 Oportunidades de aplicación en 3º de E.S.O. en Castilla y León

Las experiencias de aula, en esta tesis doctoral se han aplicado a la Geografía Humana, curso de 3º de E.S.O. en la Comunidad de Castilla y León, por la idoneidad con los objetivos marcados. Una primera aproximación a la preocupación del currículum por los ODS lo podemos ver en estas nubes de palabras, la primera refleja el currículum vigente y la segunda la Agenda 2030. Ambas tienen en común algunos conceptos, como por ejemplo el de desarrollo, sin una referencia explícita en el currículum oficial a su atributo de sostenible.

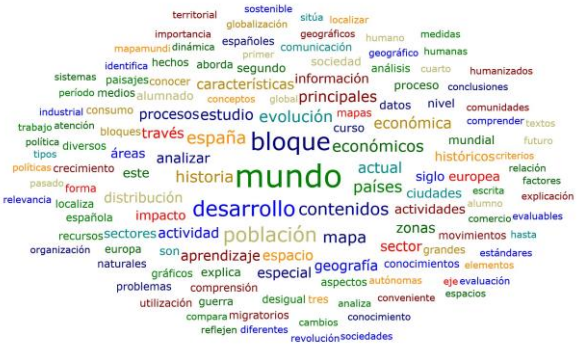


Figura 3. Nube construida a partir de la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León.

Fuente:
https://www.educa.jcyl.es/es/resumenbocyl/orden-edu-362-2015-4-mayo-establece-curriculo-regula-implan



Figura 4. Nube construida a partir de la Agenda 2030 "Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible"

Fuente:
https://unstats.un.org/sdgs/indicators/Global%20Indicator%20Framework%20after%202020%20review_Spa.pdf En su última versión 2020, como aquí se explica:
https://unstats.un.org/sdgs/indicators/indicators-list/

Si ahondamos en el contenido del Currículum para este curso podemos observar algunos conceptos directamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, pero será tarea del profesor el ponerlos en el contexto adecuado para favorecer una educación para el desarrollo sostenible y para la ciudadanía mundial, así, por ejemplo, se han extraído los siguientes en la materia de Geografía e Historia (Anexo III):

- En relación con la población y el poblamiento: crecimiento de la población (evolución, dinámica y políticas de población), migraciones (impacto de las oleadas migratorias), diferencias según niveles de desarrollo, urbanización, áreas urbanas, jerarquía urbana, las grandes ciudades mundiales, estructura urbana, tipos de ciudades, formas de ocupación del espacio urbano, forma de vida, problemas urbanos, intercambios internacionales.

- En relación con la actividad económica y los sectores económicos: necesidades humanas, bienes económicos, sistemas económicos, sectores y sus actividades económicas, zonas y focos de la actividad económica, recursos agrarios y naturales, transformaciones del mundo rural, zonas cerealistas, zonas boscosas, itinerario que sigue un producto agrario y otro ganadero desde su recolección hasta su consumo, actividad pesquera y utilización del mar, energías renovables o alternativas, producción y consumo de energía, industrias y desigual distribución de los espacios industriales, comercio, impacto de los medios de transporte, medios de comunicación y sociedad de la información, impacto del turismo, el peso de los sistemas económicos, grado de desarrollo, países más industrializados, globalización.

- En relación con los desequilibrios mundiales: desarrollo humano, áreas geopolíticas, geoeconómicas, políticas de cooperación y solidaridad, desigual reparto de la riqueza, impacto de la acción humana, aprovechamiento y futuro de los recursos naturales, racionalización en el consumo, desarrollo humano desigual, equitativo y sostenible, riesgos y problemas medioambientales, medidas correctoras, nivel de consumo, comercio desigual, deuda externa,

países en desarrollo, países desarrollados, desarrollo sostenible, problemas medioambientales, espacios naturales protegidos, parques naturales, consumo interior, situaciones de pobreza, conflicto bélico, paisajes humanizados, desarrollo sostenible.

Hay que hacer notar que no hay referencia alguna a las tecnologías de forma integrada con las materias establecidas en el desarrollo curricular, por tanto, tampoco a pesar de que no hay referencia alguna a las IDE. Si bien, las actividades propuestas en los estándares de aprendizaje podrían llevarse a cabo con Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), como se hizo empleando SignA (Lázaro, Álvarez y González, 2015) y con las intervenciones de aula diseñadas.

Estas oportunidades invitan a que los estudiantes adquieran un conjunto de habilidades, destrezas y competencias para que se desenvuelvan en su vida presente y futura, tanto en su ámbito profesional como en su calidad de ciudadanos en el siglo en el que viven.

2.3.3 Las competencias digitales, geoespaciales y sociales: elementos clave

La responsabilidad social entendida como la consecución de los logros de los ODS y la Agenda 2020, es posible abordarla empleando los datos abiertos ofrecidos por las IDE en general y la IDEE en particular, en un marco de educación geoespacial, para lo que se plantea la conveniencia de desarrollar competencias digitales, espaciales y sociales en el alumnado de secundaria.

El ver y manipular datos espaciales exige la adquisición de competencias digitales y espaciales, es decir, competencias geoespaciales (Belgiu, Strobl y Wallentin, 2015) y que el estudiante sea capaz de comunicar tanto oralmente como por escrito lo que ha aprendido empleando la información geográfica obtenida de las IDE, uniendo el mundo real con el virtual. Esto es posible a través del empleo de la tecnología SIG Web (Slocum

et al., 2009; Fargher, 2018), integrando en ellas la información obtenida de los geodatos provenientes de los servicios que ofrecen las IDE.

Las competencias geoespaciales son una parte específica de las competencias digitales, cuyo marco europeo se recoge en las iniciativas DigComp 2.1 (2016), (Carretero, Vuorikari & Punie, 2017) y DigCompEdu (Caena y Redecker, 2019), dando lugar a una amplia literatura en relación a la educación geoespacial (Chen y Wang, 2015; Curtis, 2019).

Una vez que el estudiante ha adquirido destrezas relacionadas con las tecnologías que permiten el trabajo con los geodatos de las IDE, también se persiguen competencias sociales y cívicas, en las que él mismo sea capaz de desarrollar un conjunto de habilidades relacionadas con los comportamientos y su interacción con el entorno natural, ambiental, económico y social, así como demostrar que puede cambiar y transformar el mundo, su ciudad o su barrio a través de acciones sostenibles, desde una escala más global hasta una escala más local; siempre ejerciendo una responsabilidad sobre el territorio colaborando en la consecución de los ODS, ofreciendo cualquier tipo de servicio para el bienestar social, desde un enfoque constructivista y democrático.

Estas competencias sociales se enmarcan en las competencias en sostenibilidad (UNESCO): análisis crítico, reflexión sistémica, toma de decisiones colaborativa y sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras, teniendo como referencia la matriz realizada por la profesora Murga-Menoyo (2015) adaptada en Álvarez *et. al.* (2018: 7, *Table 2*).

2.4 La necesaria formación del profesorado

En la actualidad, la formación del profesorado es una necesidad constante. Así, un profesional de la Educación debe estar actualizado íntegramente en todos aquellos aspectos que lo capaciten para ser el mejor a la hora de emplear estrategias metodológicas, instrumentos de evaluación y de tener una visión futura de las

necesidades que se presentarán a sus estudiantes. Por ello, en la presente tesis se defiende que el profesorado tenga una competencia digital en un alto grado de adquisición (tecnología SIG Web, IDE), capaz de tener recursos y herramientas (TIC, TAG) que le sean amigables como guía del proceso de enseñanza-aprendizaje de sus estudiantes.

2.4.1 El Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores favorece la integración de las TIC y las TAC en la formación del profesorado

En la estrategia «Replantear la Educación», que la Comisión Europea presentó en noviembre de 2012, se observa la importancia de formar a los docentes en competencias necesarias para su desarrollo profesional, tanto en los escenarios presente como en los entornos futuros. De ahí que se considere de máxima importancia el aprovechamiento de la tecnología como medio para una eficacia y eficiencia de los aprendizajes, con una mayor integración e impulso en los centros formativos (INTEF, 2017), al que se debe añadir una mayor colaboración entre niveles educativos y una mayor integración de la investigación de las universidades en las escuelas y centros de enseñanza.

El Marco Común de Competencia Digital Docente que se propone desde el INTEF, es una adaptación del Marco Europeo de Competencia Digital para el Ciudadano v2.1 (DigComp), y del Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores (DigCompEdu) (INTEF, 2017) que se divide en cinco áreas, derivadas del Marco DigComp 2.0 (2016), con los mismos títulos y alguna pequeña variación en la descripción general, como se indica entre guiones y en los comentarios:

1. **Información y alfabetización informacional:** identificar, localizar, recuperar u obtener, almacenar, organizar y analizar información digital -datos y contenidos digitales-, evaluando su finalidad y relevancia para las tareas docentes.

2. Comunicación y colaboración: comunicar en entornos digitales, compartir recursos a través de herramientas en línea, conectar y colaborar con otros a través de herramientas digitales, interactuar y participar en comunidades y redes; conciencia intercultural.

3. Creación de contenido digital: crear y editar contenidos nuevos (textos, imágenes, videos…), integrar y reelaborar conocimientos y contenidos previos, realizar producciones artísticas, contenidos multimedia y programación informática, saber aplicar los derechos de propiedad intelectual y las licencias de uso.

En este caso, se enuncia con bastantes diferencias la explicación de la primera parte, que dice textualmente: Crear y editar contenidos digitales nuevos.

4. Seguridad: protección personal, protección de datos, protección de la identidad digital, uso de seguridad, uso seguro y sostenible.

Sucede ahora lo mismo que en el caso anterior, ya que la protección personal, no es lo mismo que la protección de información ni de datos personales: Protección de información y datos personales, protección de la identidad digital, protección de los contenidos digitales, medidas de seguridad y uso responsable y seguro de la tecnología, es la redacción final utilizada. Se considera que el matiz relacionado con el uso responsable es una aportación muy valiosa. Los temas de seguridad son uno de los retos del siglo XXI y es muy importante la formación en este campo, desde el inicio del contacto del niño con la tecnología digital e Internet, en lo que le debería orientar ya el padre o la madre, iniciados en esta formación en su día por un profesor, completado con una formación autodidacta que integre las continuas actualizaciones en sintonía con la filosofía del aprendizaje durante toda la vida.

5. Resolución de problemas: identificar necesidades y recursos digitales, tomar decisiones a la hora de elegir la herramienta digital apropiada acorde a la finalidad o necesidad, resolver problemas conceptuales a través de

medios digitales, resolver problemas técnicos, uso creativo de la tecnología, actualizar la competencia propia y la de otros.

Este marco ofrece unas pautas a la limitada comprensión pública en relación a la sostenibilidad (McLoughlin, 2004; Hwang, 2013) que supone una brecha entre el conocimiento y la acción derivado de factores complejos (Kollmus y Agyeman, 2002; Macnaghten y Jacobs, 1997), a pesar de que la educación es un sector considerado idóneo para mejorar la sensibilización en relación a la sostenibilidad. A ello se añade el inconveniente de la gran compartimentación entre las disciplinas (Jones, Selby y Sterling, 2010), por lo que Srivastava y Tait (2010) animan a fomentar la multidisciplinariedad.

De hecho, no hay ninguna propuesta de formación inicial o continua para el profesorado de secundaria español en este campo publicada oficialmente por las autoridades educativas en el momento de escribir estas líneas. Si bien, el Instituto Geográfico Nacional (IGN) ofrece un curso de e-formación sobre las IDE muy exhaustivo y técnico, enfocado a profesionales y a empresas, que con dificultad podrá seguir un profesor de secundaria.

Por otro lado, Ester González *et al.* (2008, 2010, 2012 y 2015) muestra para qué son útiles las IDE en educación y selecciona las partes del currículum aprobado en 2006 a las que es posible aplicarlas, pero sin orientaciones concretas para los profesores. La profesora Pascual Bellido (2014) propone una serie de actividades aplicadas a la ciudad citando las herramientas que emplea, que a pesar de ser una actividad puntual, es interesante contrastar con la experiencia que expone, algunas de las competencias que necesitará un profesor en su desempeño profesional para transmitir una responsabilidad social a la ciudadanía a través de un mejor conocimiento de los ODS empleando la información de los servicios IDE y las SIG Web o los visualizadores, como medio de conexión a las mismas.

Nadie duda que las TIC forman parte de la cultura tecnológica que nos rodea, y con la que debemos coexistir, ampliando nuestras capacidades físicas, mentales y las

posibilidades de desarrollo social (Marques, 2012) y de comunicación, y que aportan flexibilidad, eficiencia y disponibilidad (Tømte *et al.*, 2015). Por ello, es necesario que el docente haya adquirido previamente las habilidades precisas para su correcto empleo y funcionamiento en las aulas o esté dispuesto a adquirirla en su desempeño.

Este hecho va más allá de la antigua formación en Tecnologías de la Información y de la Comunicación, que consistía en aprender cómo utilizarlas. El reto de la actualidad consiste en cómo integrar la tecnología en la práctica pedagógica (Graham *et al.*, 2009). A ello hay que añadir el hecho de que en España un 93% de los menores de 15 años utilizan Internet (INE, 2019), y esos son los potenciales estudiantes de los niveles educativos que nos ocupan. Por lo que la geoinformación ofrecida a través de los datos de las IDE pueden ayudar a reducir esa brecha profesor-alumno. Existe además una ciudadanía cada vez más involucrada en la cartografía y en el empleo de datos espaciales, algo que antaño estaba restringido a profesionales muy especializados (Van den Homberg y Susha, 2018).

Sin embargo, algunos autores hablan de analfabetización digital y tecnofobia docente (Morales Capilla *et al.*, 2015), mientras otros observan una muy baja valoración, en torno a los *Open Data*, que consideramos la materia prima de las TIC, en la población de su muestra. Por ello, se considera una necesidad actual la promoción de formaciones orientadas a la alfabetización digital y el aprendizaje por competencias (Gertrudix-Barrio *et al.*, 2016). A lo que hay que añadir la constatación de la falta de uso de los datos abiertos en la actividad académica y el desconocimiento de estos por parte de algunos de los docentes universitarios (Rivas-Rebaque, Gertrudix-Barrio y de Cisneros de Britto, 2019). Los mismos autores afirman que desde la epistemología de las ciencias se sigue apostando por contenidos cerrados difícilmente adaptables al mundo laboral al que se enfrentará el egresado universitario. Además, consideran necesario una formación orientada a desarrollar el pensamiento crítico, para la que el empleo de datos abiertos y de primera mano es un elemento esencial.

La motivación y la actitud positiva hacia el empleo de la tecnología (Avidov-Ungar y Eshet, 2011) completan los elemeentos necesarios para la adquisición de la

competencia digital docente (CDD) impulsada por el Marco Europeo de Competencia Digital para Educadores.

Un ecosistema que favorezca el uso de datos abiertos debe pasar por la flexibilización del currículo, la formación del profesorado en nuevos entornos de enseñanza-aprendizaje y en nuevos espacios que posibiliten metodologías adaptadas a la tecnología. La viabilidad de esta transformación educativa debe comenzar por docentes clave que tengan responsabilidad y estén de acuerdo con el cambio de paradigma docente. Así Giráldez (2017) habla de grupos de profesores que apuestan por la innovación, frente a otros que están decididos a continuar con la enseñanza tradicional, y todos están bajo la libertad de cátedra.

El docente debe preocuparse de estar preparado para formar en el ecosistema de avalancha de datos y aprovecharlos en la docencia, esto es procurar que el discente asimile los conceptos territoriales a través de la recolección y el análisis de datos. Para ello es importante la tecnología; de ahí que autores como Area, Gutiérrez y Vidal (2012) expongan que para hacer un buen uso docente de los datos abiertos se requiere de una capacitación tecnológica de los profesores por la necesidad de conocer: (1) cómo acceder a los datos, (2) la calidad de los mismos para su explotación, y (3) como recuperarlos, tratarlos y analizarlos para su reutilización. Así, las habilidades de los profesores deben ir más allá de la estricta alfabetización digital.

Voogt *et al.* (2013) observaron que el diseño de instrucciones docentes empleando tecnología no garantiza el éxito de su ejecución, ni la experiencia para obtener resultados positivos. Se fortalece así la importancia, más allá de la explicación del profesor, no sólo de la pedagogía (Prestridge, 2012) y de la metodología activa, sino de la idea de «aprender haciendo» (Labouta *et al.*, 2018) y de «aprender de la experiencia» (Wilson, 2014), lo que ratifica que en la formación de profesores inicial desde la universidad y permanente o de actualización es esencial, más allá de aprender de la propia práctica docente.

La mayoría de los modelos educativos que integran las TIC en la docencia consideran que las habilidades en TIC adquiridas y desarrolladas por los profesores deben estar directamente relacionadas con el contenido curricular y las tareas derivadas de él (Dockstader, 1999), como apoyo a las clases y parte de un todo integrado con el currículum (Riascos-Erazo, Quintero-Calvache y Ávila-Fajardo, 2009) centrándose en el aprendizaje de los estudiantes. Sin embargo, otros autores (Curtis, 2019) aconsejan desarrollar un modelo de formación docente para profesores con niveles similares de experiencia y conocimientos para mejorar su capacidad de conectar tecnologías geoespaciales con el currículum a impartir.

Las TIC no suponen una innovación en sí mismas, ni son el fin, sino el medio para llegar a obtener una buena capacitación en la CDD, que es necesaria en el siglo XXI. De este modo, y tal como se advierte en el estudio del Modelo *Innovative Teaching and Learning* (ITL) *Logic Model*, creado por el Instituto de Investigación de Stanford (2009) (Medina Cruz *et. al.*, 2014).

El reto actual es la medición de la adquisición de la Competencia Digital Docente a través del conocimiento, aplicación y comunicación a través de las TIC, transformándolas en aquellas herramientas y recursos necesarios, no sólo para los contenidos curriculares, sino para el desarrollo de habilidades y capacidades, que primeramente deberá adquirir el docente.

2.4.2 Técnicas docentes en el uso de las SIG Webs en las aulas

En el contexto pedagógico relacionado con los SIG destacan algunas técnicas docentes como el aprendizaje basado en proyectos o en problemas (Bednarz, 2000; Hmelo-Silver, 2007; Hualong, 2009; Liu *et al.*, 2010; Hong, 2017; Stonier, 2015; Millsaps y Harrington, 2017), en algunas de ellas también se emplea el modelo TPACK (Gómez Trigueros, 2018) y el modelo de la clase inversa o *flipped classroom* (Bergmann y Sams, 2012; Tourón, Santiago y Díez, 2014). De gran interés resultan las técnicas de trabajo de campo en las que los estudiantes recogen datos (Carlson, 2007) en ocasiones

integrando técnicas geoespaciales (Baker *et al.,* 2012; Gómez Trigueros, 2017). Estas técnicas han superado el tradicional método deductivo con ejercicios orientados en los que se explicaba primero la teoría para realizar después un ejercicio de laboratorio (Walsh 1992, U.S. Geological Survey 2005).

Otro modelo muy empleado, que se ha visto potenciada por el reciente confinamiento de la COVID-19 es la clase inversa (o en inglés *flipped classroom*), que aplicado al *web mapping* genera una SIG Web que se resume en la figura 5.

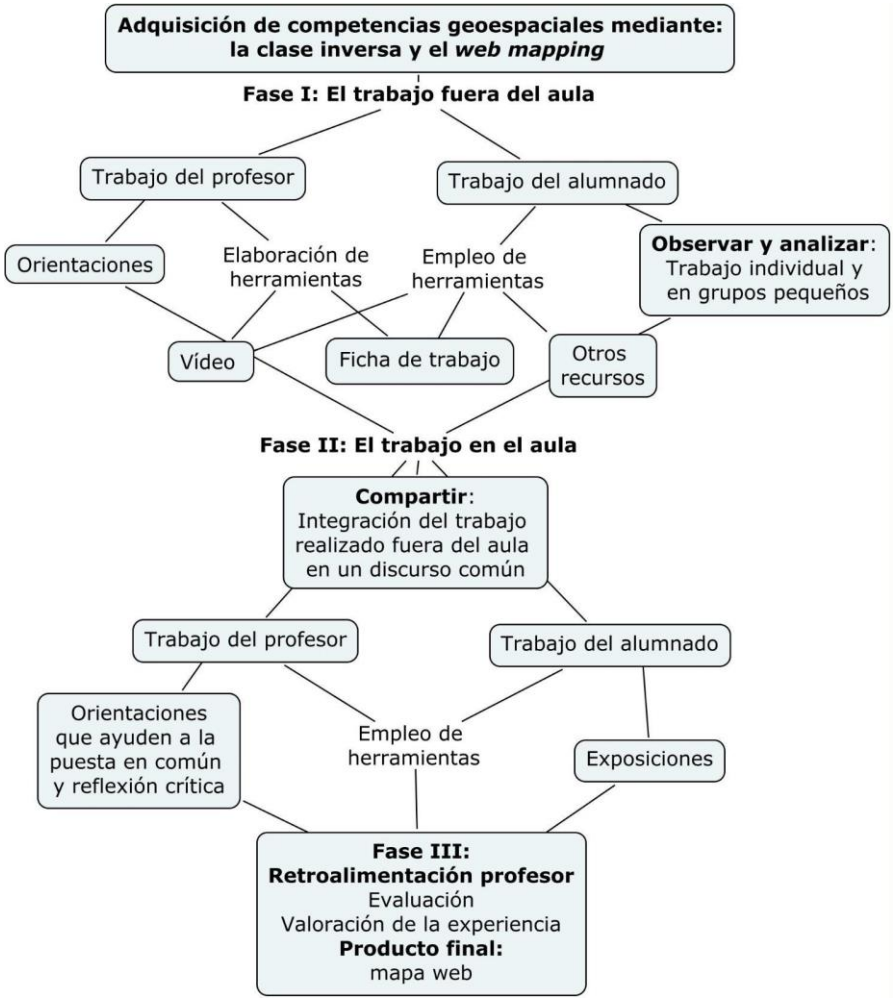


Figura 5. Adquisición de competencias geoespaciales mediante: la clase inversa y el *web mapping*

Fuente: Lázaro, De Miguel y González. (2015: 86).

Todas estas técnicas se pueden llevar a cabo desde un enfoque cooperativo, con la creación de grupos base, ya que cuando éstos "se emplean para enseñar y aprender, la validez y la fiabilidad de los ejercicios evaluativos aumenta, puesto que la relación entre profesor y alumno, y entre los propios estudiantes se hace más cooperativa y menos competitiva o individualista" (Johnson and Johnson, 2003).

Todas ellas aplicadas y en el marco del citado método indagatorio (Kerski, 2003, 2011; Fauvier, 2011; Kerski, Demirci y Milson, 2013; Favier y van der Schee, 2013; Bryant y Favier, 2015), cuya secuencia aplicada a las intervenciones de aula de esta tesis se resume en:

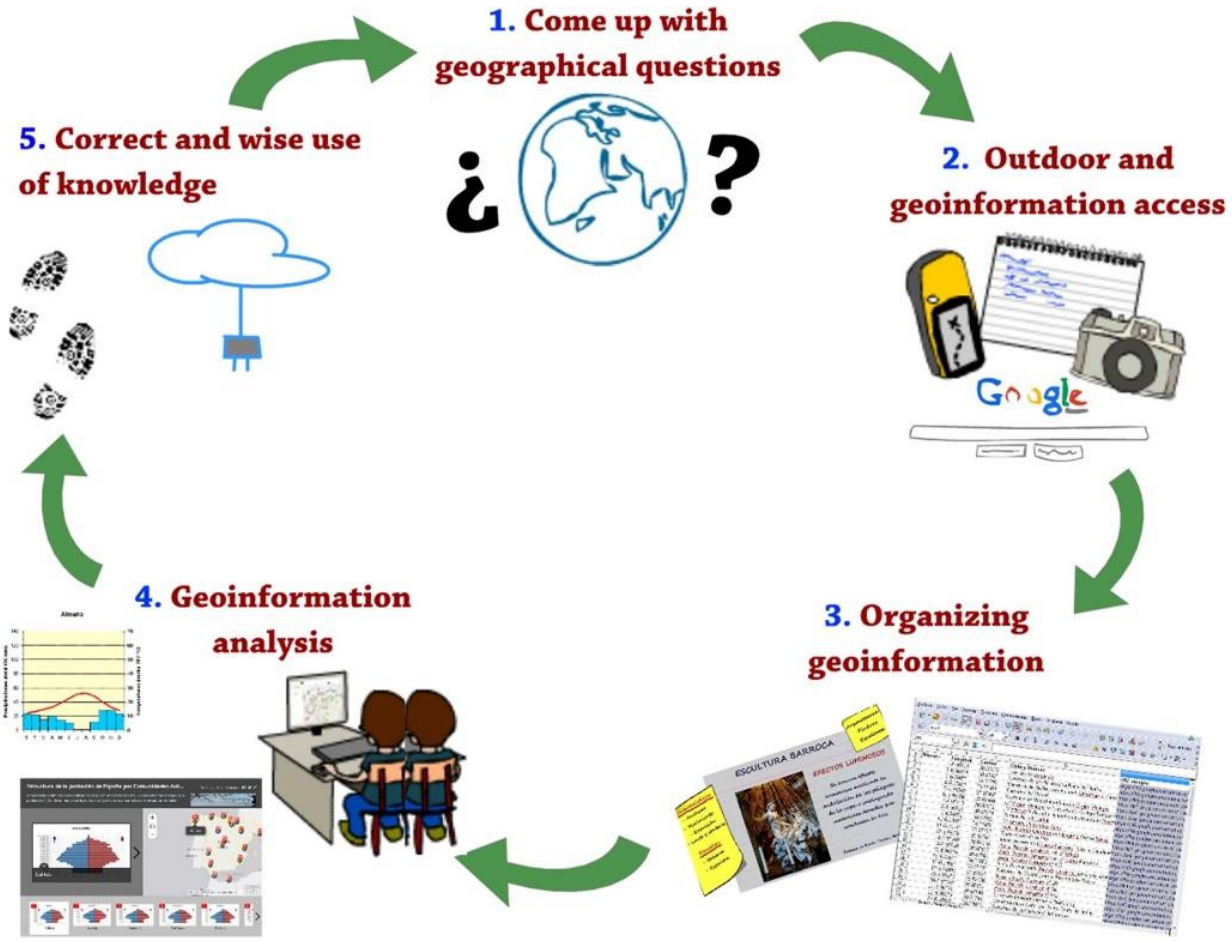


Figura 6. Método indagatorio

Fuente: Kerski (2011) adaptado de Buzo, I. (2015c) y Lázaro (2017)

Este método indagatorio (Figura 20) centrado en los objetivos de la presente tesis sigue la secuenciación siguiente en el aula:

1º.- Hacer preguntas geográficas

Los estudiantes aprenden a realizar cuestiones relacionadas con pequeñas investigaciones en el marco de la asignatura de Geografía. Para responder a las mismas, se iniciará a los estudiantes en los mapas Web empleando el modelo pedagógico de la clase inversa o *flipped classroom*, definido por Santiago y Bergman (2018) como:

> "un modelo pedagógico que transfiere la instrucción directa del espacio grupal al individual. Para ello el contenido básico es estudiado en casa con material aportado por el profesor y el aula se convierte en un espacio de aprendizaje dinámico e interactivo, donde el maestro guía a los alumnos mientras estos aplican lo que aprenden y se involucran en el objeto de estudio de forma creativa".

El profesor prepara ese material que los estudiantes deben leer, analizar y visionar. Este material puede ser un vídeo, una lectura breve, un conjunto de fuentes; que sea un elemento motivador, curioso, impactante e introductorio al tema que vayamos a estudiar.

2º.- Acceder a la (geo)información

El estudiante accederá a los geodatos que ofrecen los servicios de las IDE. Para ello es necesario que se den las siguientes acciones: búsqueda, conexión, visualización, selección y descarga de la información a obtener de las IDE e integración con otros datos relacionados con el tema de estudio, para que el que proponemos integrar siempre aspectos territoriales y sociales. Es necesario que el estudiante disponga de una conexión a Internet y un ordenador. También es posible realizarlo desde el aula de informática del centro o en la biblioteca pública de su barrio.

3º.- Organizar la (geo)información

La geoinformación se consulta organiza en capas (*layers*) dentro del propio visor cartográfico o SIG en la Nube. Después, el estudiante debe ser capaz de seleccionar aquellas capas que se relacionen con el objeto de estudios procedentes de las IDE y añadirlas a su mapa web, como producto final de su trabajo.

4º.- Analizar la (geo)información

El análisis del mapa Web resultante se va a realizar en las aulas de Secundaria a través de un esquema orientativo (Anexo IV). Después, se realizará la comunicación de los geodatos empleando cartografía digital en la Nube: a través de tecnología SIG Web, *Google Earth* y para el caso de España, los visores del IGN (2017) (Iberpix, CartoCiudad y SignA). En este cuarto paso se aplicará la estrategia del aprendizaje basado en problemas, en retos o de comprensión geoespacial, ya que el estudiante dará respuesta a las preguntas que le surgieron y se podrá realizar una reflexión de las situaciones experimentadas durante este proceso.

5º.- Actuar en función del conocimiento adquirido

Este último paso está relacionado directamente con el conocimiento científico que adquieren los estudiantes y las acciones que definen sobre el territorio, que es lo que denominamos como responsabilidad social. Ésta puede centrarse en su entorno e ir unida a una estrategia pedagógica de aprendizaje-servicio, en el que el alumno después de haber analizado el tema de estudio, pueda realizar un servicio a la comunidad. Como indican Palos y Puig (2006) los estudiantes se implican en el aprendizaje y en el servicio que ofrecen a la comunidad, que son necesidades reales del entorno más cercano, con el objetivo de una posible actuación para mejorar esa situación o fenómeno.

En el contexto tecnológico, se ha mejorado mucho, y aunque existen múltiples plataformas tecnológicas (ArcGIS Online, Bing Map, Carto, GoogleMap, Mapbox, MangoMap, Next GIS, QGIS Cloud y Urmap), casi ninguna de ellas fue diseñada con

objetivos educativos (Patterson, 2007; Hou *et al.*, 2016). Por ello, es de agradecer que las escuelas cuenten con soporte educativo, no sólo en los Estados Unidos, sino también en Europa, por parte de la empresa que mantiene ArcGIS Online, ofreciendo su capacidad de interaccionar con otras herramientas del ecosistema SIG con gran facilidad, lo que ha hecho que sea esta la plataforma elegida en la tesis.

En relación a los contenidos, se deben considerar las oportunidades del currículum vigente, aunque no estén presentes de una manera fehaciente, como hemos analizado anteriormente, pero se deberían integrar las IDE-Tecnologías y la responsabilidad social- ODS. Una de las iniciativas actuales es la Guía PRADO, la cual tiene como objetivo la sostenibilización curricular y que se pongan en relación los ODS con los contenidos de las áreas de la Educación Secundaria (Murga-Menoyo y Bautista-Cerro, 2019).

Aunque pedagogía, tecnología y contenidos recuerden al modelo TPACK (Conocimiento Técnico Pedagógico del Contenido), diseñado por Mishra y Koehler (2006, 2009), que agrega la dimensión tecnológica propia del siglo XXI al modelo creado previamente por Shulman (1986) sobre el conocimiento pedagógico del contenido (PACK). Modelo que tampoco consideramos completo, ya que carece del aspecto emocional, que no es lo mismo que considerar el contexto en el que el proceso de enseñanza aprendizaje se desenvuelve (Mishra, 2019).

Castañeda, Esteve y Adell (2018) citan a Escudero (2005:12) que esquematiza las «creencias, conocimientos, capacidades y actitudes básicas de la identidad docente» y las concreta en un docente:

> (a) experto en contenidos curriculares, procedente de su propia formación; (b) experto en estrategias metodológicas, procedentes de su forma de impartir la clase y de su propia formación como docente; (c) capaz de aprender de su propia práctica, (d) que forma parte de su comunidad que aprende, (e) que establece una relación positiva con la familia y el entorno de los estudiantes, y (f) sensible a los imperativos sociales y éticos de su práctica.

Seis partes de la competencia docente, muy relacionadas entre sí, pero también diferenciadas, y salvo la primera, las demás no están o no estaban del todo consideradas en los estándares del Marco Europeo propuestos inicialmente, cuya última versión ha ampliado su radio a una mayor interactividad y colaboración (Caena y Redecker, 2019).

Desde la didáctica general, después de llevar a cabo la secuenciación de actividades expuestas, queda por realizar la evaluación del proceso de enseñanza-aprendizaje.

2.4.3 Evaluar el proceso de enseñanza-aprendizaje: elemento clave en proyectos que integren los datos de las IDE y la responsabilidad social

La evaluación es uno de los temas más estudiados desde la Educación y más controvertido desde los planteamientos pedagógicos, que van desde los orígenes de la humanidad, en los que se da una evaluación de las propias acciones del ser humano, pasando por la introducción de la evaluación en la escuela tradicional a finales del siglo XIX, hasta las teorías de la evaluación educativa del siglo XX. A partir del siglo XX será cuando la evaluación se inicia progresivamente, dando lugar a un movimiento científico denominado como ciencias de la evaluación o "docimología" (Barbier, 1993; citado en Perassi, 2008). Cronológicamente, se consideran los siguientes hitos en la historia de la evaluación educativa: La Escuela Nueva (cualitativa), Winfred Ralph Tyler (por objetivos curriculares), Cronbach (centrada en el sujeto), Scriven (evaluación formativa y sumativa), Bloom (enfocada hacia los alumnos, revisada por Anderson y Krathwohl, 2001), el constructivismo de Piaget, Vygotsky y Ausubel (evaluación se construye socialmente desde el aprendizaje del alumnado), evaluación por competencias (siglo XXI).

Las respuestas a las siguientes preguntas: ¿qué evaluar?, ¿cómo evaluar? y ¿cuándo evaluar?, conforman una evaluación completa del proceso de enseñanza-aprendizaje. Para ello, también se debe realizar una diferencia entre evaluar y calificar, ambas necesarias para llevar a cabo una proceso evaluativo adecuado y conforme a las necesidades del alumnado y los objetivos que se persiguen.

Evaluar es conocer el grado de adquisición conseguido por los estudiantes en relación con los aprendizajes indicados en las competencias, los objetivos curriculares y determinar en qué medida ha sido adecuada o no para alcanzar dichos objetivos, determinados a su vez en los criterios de evaluación y estándares de aprendizaje.

Calificar es poner una nota correcta, la cual se aplica directamente a un instrumento de evaluación (cuaderno, exposición oral, SIG Web, infografía, trabajo por proyectos, etc.). Para tener una calificación más objetiva y conforme se emplean las rúbricas, las cuales son guías de evaluación que valoran los aprendizajes adquiridos; formado por una escala graduada (suele ser del 1 al 4) y un conjunto de ítems que son descritos en cada uno de esos grados.

Las intervenciones en el aula se plantean desde la enseñanza activa y la evaluación continua, que combinan un enfoque de trabajo individual y un enfoque de trabajo cooperativo. Para ello, es necesario aclarar la finalidad y función y el sujeto quien realiza la evaluación.

Si atendemos la evaluación desde una finalidad y función, se distinguen tres tipos de evaluación: a) una evaluación formativa, ya que las experiencias van en grado de complejidad (experiencial inicial, procesual, final); b) diagnóstica, porque el estudiante valora su progresión, analizando sus logros, dificultades y errores; a este proceso se denomina desde la Psicología como metacognición (Peronard, 2005); y c) sumativa, al establecer diferentes períodos significativos de enseñanza, en este caso, al finalizar los proyectos y aprendizajes, las pruebas escritas u orales, y un trimestre.

Desde la óptica de quién realiza la evaluación, en las intervenciones en el aula se han dado procesos de:

- Autoevaluación, en la que los estudiantes realizan su propia valoración de los aprendizajes asimilados. El alumno comprenderá sus capacidades y sus logros en la actuación de su propio aprendizaje.

- Coevaluación, en la que los estudiantes realizan la valoración de los aprendizajes del grupo-base (si se trabaja en grupos cooperativos), en el que el estudiante evalúa a los miembros de su mismo grupo-base (evaluación *intragrupo*) o del grupo-clase (cuando todos los estudiantes evalúan a todos los de sus grupo de referencia) (evaluación *intergrupo*).

- Heteroevaluación, en la que se da una evaluación por parte del profesorado. Esta ha sido el tipo de evaluación tradicionalmente utilizada en los centros educativos.

La objetividad de la evaluación es posible empleando rúbricas que el estudiante deberá conocer al inicio del proyecto o actividad, como sucede en las intervenciones en el aula realizadas. La rúbrica es una guía para el estudiante que permite que ellos mismos puedan comprobar la corrección de sus respuestas y sus errores, y conocer de antemano el producto final a realizar y la comunicación del mismo (mapa web en un visor o en una SIG Web).

La evaluación de los proyectos realizados en las intervenciones en el aula que integran los datos aportados por las IDE y la responsabilidad social son elementos fundamentales en el desarrollo e implementación de estos componentes en el proceso de enseñanza-aprendizaje para la comprobación de las hipótesis.

3 LOS OBJETIVOS DE INVESTIGACIÓN EXIGEN IMPLEMENTAR INTERVENCIONES EN EL AULA

Las distintas intervenciones en el aula diseñadas para el grupo experimental se basan en la técnica de investigación-acción, para los objetivos de investigación de la tesis. Lo que ha exigido el diseño de una investigación inicial, una serie de intervenciones procesuales y una intervención final o globalizadora. En cada una de las intervenciones se exponen los objetivos de investigación que la fundamenta, una descripción de la actividad, las competencias a impulsar y estándares de aprendizaje a trabajar, curso al que va destinada y muestra empleada, objetivos de aprendizaje para los estudiantes, método de aula seguido, resultados de la evaluación del grupo experimental y una comparativa con los resultados obtenidos en el grupo de control.

Los resultados de todas estas intervenciones son inéditos, si bien algunos de ellos se plantean en un estadio inicial en los artículos n.º 3 y n.º 4 del compendio de artículos de la tesis.

3.1 Intervención inicial: Un país en la mochila

Llamada inicial por ser la primera de todas ellas, teniendo la finalidad de observar los conocimientos previos y motivar al estudiante en unas herramientas que se muestran todavía desconocidas para el mismo.

Su nombre hace alusión a nuestro país, España, y "en la mochila" a la información que procesan, particularmente, de la información geográfica. Los alumnos están acostumbrados a la información ya procesada y transformada, como realizan a través de la consulta de webs, portales, etc., pero no están acostumbrados a preparar cómo visualizar la información guardada en forma de base de datos (o geodatos, como es el caso de la IDEE).

Se trata de una actividad que inicia al estudiante en el conocimiento de los datos que se pueden obtener de las IDE y su utilidad en las aulas docentes. Se desarrollará entre los meses de septiembre a octubre de cada curso académico.

3.1.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados

Los estándares de aprendizaje y sus competencias asignadas[3] (Orden EDU/362/2015, de Castilla y León, 2015, *véase* Anexo II) son:

- Sitúa en un mapa físico las principales unidades del relieve mundial, europeo y español. (CD)

[3] En las intervenciones en el aula, se han establecido las siguientes abreviaturas para designar las competencias básicas de la LOMCE (2013): CL: Competencia en comunicación lingüística, CAA: Competencia para Aprender a aprender, CD: Competencia Digital, CMCT: Competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología, CSC: Competencia social y cívica, CEC: Competencia en Conciencia y expresiones culturales, CSIEE: Sentido de la iniciativa y espíritu emprendedor.

- Elabora gráficos de distinto tipo (lineales, de barra y de sectores) en soportes virtuales o analógicos que reflejen información económica y demográfica de países o áreas geográficas a partir de los datos elegidos. (CAA, CD)

- Distingue en un mapa político la distribución territorial de España: comunidades autónomas, capitales, provincias e islas, empleando aquellas escalas más adecuadas. (CD, CMCT)

- Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica. (CAA, CD)

3.1.2 Objetivos de investigación

Diseñar una actividad que permita iniciar a los estudiantes en el conocimiento de las IDE y comprobación de la hipótesis 2.

Esta intervención en el marco curricular vigente permitirá comparar los resultados académicos obtenidos por el grupo experimental y el grupo de control, que no la siguió, a través de una prueba escrita común a ambos grupos.

3.1.3 Descripción de la actividad, curso al que va destinada y muestra empleada

"Un país en la mochila" es un proyecto realizado con alumnos de 3º de Educación Secundaria Obligatoria para profundizar sobre las distintas ramas de la Geografía (Física, Humana, Urbana, Política) a través de los datos que contienen los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (www.idee.es).

La muestra es de 240 estudiantes (n=240, 48,33 % de varones y 51,67 % de mujeres; Tabla 5) en la asignatura de Geografía de 3º de ESO de un centro de Enseñanza

Secundaria de Ávila durante los cursos escolares 2016-2017, 2017-2018, 2018-2019 y 2019-2020.

Tabla 5. Resumen de la muestra utilizada para la intervención inicial

Curso académico	Varones	Mujeres	Total	% Varones	% Mujeres
2016-2017	16	18	34	47,06%	52,94%
2017-2018	32	35	67	47,76%	52,24%
2018-2019	37	35	72	51,39%	48,61%
2019-2020	31	36	67	46,27%	53,73%
TOTAL	116	124	240	48,33%	51,67%

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

3.1.4 Objetivos de aprendizaje para los estudiantes

- Iniciar en el conocimiento de la IDEE y mostrar su utilidad.
- Investigar distintos aspectos geográficos de España a través de la IDEE.
- Realizar un mapa con ArcGIS Online utilizando la conexión a los servicios web que nos ofrece la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE).
- Comunicar oralmente los aspectos estudiados de la Geografía de España a través de una exposición empleando el mapa elaborado.

- Fomentar una actitud de interés hacia el patrimonio natural, su valoración y hacia los problemas geográficos actuales de España.

3.1.5 Método

El método de aula de este proyecto exige la formación de un grupo por cada rama geográfica de cuatro estudiantes, lo que configura los títulos de los trabajos a realizar: geografía física, geografía económica, geografía humana, geografía urbana y geografía política.

Los estudiantes inician la elaboración de un documento cooperativo en *Google Drive* con la información de cada grupo sobre la rama geográfica elegida. El trabajo escrito deberá contener las siguientes partes:

- Portada (título, nombre del proyecto, miembros del equipo)
- Índice y paginación
- Arte libre – Epígrafes a elegir por el grupo (consenso)
- Incluir los mapas web realizados con ArcGIS Online con los geodatos procedentes de la IDEE
- Conclusiones

Una vez los estudiantes han realizado la investigación sobre la rama geográfica correspondiente, se les realiza un pre-test para analizar los conocimientos previos sobre las IDE con las siguientes preguntas (Tabla 6), que muestran lo que se esperaba: un desconocimiento generalizado de qué es una IDE:

Tabla 6. Pre-test de la experiencia inicial (datos globales obtenidos en los cuatro cursos académicos realizada 2016-2017 a 2019-2020)

PREGUNTAS	SÍ	NO	NS / NC
¿A qué se corresponden las siglas IDEE?	1,7 %	98,3 %	-
¿Has oído hablar de la IDEE antes de cursar	1,7 %	98,3 %	-
¿Has realizado anteriormente algún proyecto utilizando la IDEE?	0 %	100 %	-
En caso afirmativo, cita los nombres de los proyectos	No se cita ningún proyecto		

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Así el profesor presenta el geoportal de la IDEE (www.idee.es), en la que se muestra cómo consultarlo y cómo visualizar sus datos en un visor cartográfico (en este caso, se emplea un SIG en la nube: ArcGIS Online, o el visualizador del propio geoportal). Los estudiantes elaboran en la herramienta citada una SIG Web extrayendo los datos de la IDEE, para ello seleccionan la más representativa para su rama geográfica.

Finalmente, los estudiantes exponen oralmente sus trabajos apoyados en los datos de la IDEE integrados en los mapas elaborados en la SIG Web facilitando así su visualización.

El post-test realizado demuestra que, tras la intervención en el aula docente, los estudiantes conocen la IDEE (Infraestructura de Datos Espaciales de España), y por extensión, lo que es una IDE en general, cómo y para qué emplearla. Se muestran a continuación los resultados a las cuestiones planteadas, que son las mismas que se realizaron al inicio de la actividad:

1) ¿A qué se corresponden las siglas IDEE?

   El 100 % de los estudiantes contestaron correctamente, con las respuestas Infraestructuras de Datos Espaciales o Infraestructura de Datos Espaciales de España.

2) ¿Para qué sirve la IDEE?

   Los estudiantes dieron una serie de respuestas abiertas a esta cuestión que demuestran el conocimiento adquirido, y cuya tabulación se realiza por elementos clave de las mismas y agrupando la frecuencia con la que aparecen (Gráfico 1). Estos son los resultados:

   a) Para encontrar información geográfica actualizada (23,10 %)
   b) Para elaborar mapas e interpretar su resultado (16,11 %)
   c) Para buscar y seleccionar datos relacionados con la geografía (14,59 %)
   d) Para realizar el mismo trabajo que el de un geógrafo (19,76 %)
   e) Para tener varias capas de datos y poder analizarlos (21,58 %)
   f) Sirve para integrar a través de Internet los datos, metadatos, servicios e información de tipo geográfico que se producen en España, a nivel estatal, autonómico y local, cumpliendo una serie de condiciones de interoperabilidad (normas, protocolos, especificaciones) y conforme a sus respectivos marcos legales. (Esta descripción fue copiada de la web: https://www.idee.es/presentacion, por un 2,74 % de los alumnos totales).
   g) No sabe o no contesta correctamente (2,13 %)

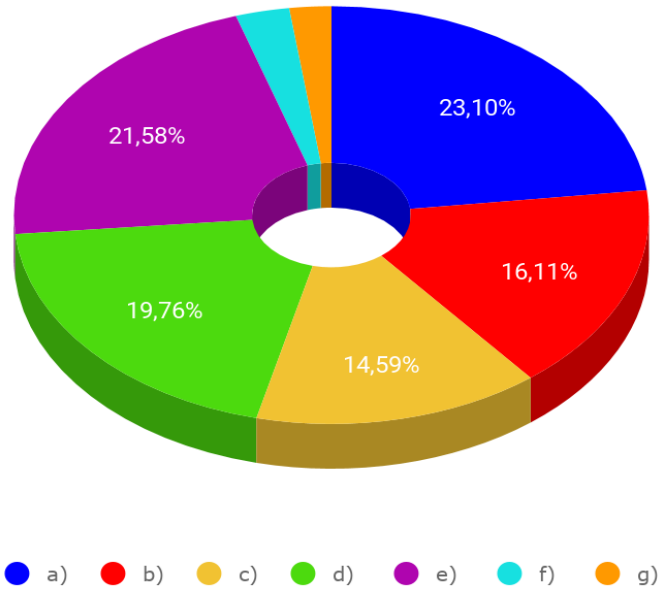


Gráfico 1. Resultados de las respuestas a la segunda pregunta del post-test

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

De este modo, los estudiantes demuestran que saben que las IDE contienen datos abiertos localizados en el territorio que cualquier ciudadano puede consultar empleando una herramienta como "intermediaria". Ellos han empleado ArcGIS Online.

3.1.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental)

La calificación numérica final o nota final se compone de las notas obtenidas (Tabla 7) en cada uno de las siguientes actividades, evaluadas con sus correspondientes rúbricas:

- En el trabajo escrito (TE en la tabla 7), que como se ha señalado antes, consistía en un documento colaborativo a trabajar en *Google Drive* en el que debían explicar la rama de la geografía correspondiente con un guión que realizan previamente de los aspectos a desarrollar (evaluado con la rúbrica del Anexo V).

- La calificación de realizar una SIG Web empleando los servicios de la IDEE (SIG Web IDE en la tabla 7) con la finalidad de aportar un documento visual sobre el trabajo de una rama o especialidad dentro de la geografía (evaluado con la rúbrica del Anexo VI).

- La exposición oral (EO en la tabla 7) en la que a través de la SIG Web realizada con los datos de la IDEE debían presentar los aspectos de dicha rama a sus compañeros (evaluada con la rúbrica del Anexo VII).

Tabla 7. Resultados de los tres instrumentos de evaluación de la intervención inicial

	Curso 2016-2017			Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Curso 2019-2020			Media total		
Tipo de ejercicio	**TE**	**SIG Web IDE**	**EO**	**TE**	**SIG Web IDE**	**EO**	**TE**	**SIG Web IDE**	**EO**	**TE**	**SIG Web IDE**	**EO**	**TE**	**SIG Web IDE**	**EO**
Media general	6,88	6,97	7,04	7,03	7,20	7,14	7,22	7,63	7,30	7,16	7,22	7,10	7,07	7,26	7,15
Media Varones	7,08	6,63	7,16	6,89	7,03	7,04	7,21	7,45	7,24	6,99	7,01	6,90	7,04	7,03	7,09
Media Mujeres	6,68	7,31	6,92	7,16	7,36	7,23	7,23	7,81	7,36	7,33	7,42	7,30	7,10	7,48	7,20

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero. TE: Trabajo escrito; SIG Web IDE: mapa web elaborado por el grupo; EO: Exposición oral.

Si consideramos la media general de los tres instrumentos de evaluación, se puede concluir que la media total del trabajo escrito es de 7,07; la media total de la exposición oral es de un 7,15 y la media total de la SIG Web es de 7,26. Estos positivos resultados pueden ser quizá mejorables, debido sobre todo a la poca costumbre por parte de los

estudiantes de trabajar de esta forma. En torno al 98 % proceden de un sistema de aprendizaje con clases expositivas por parte del profesor, como ha señalado Marrón Gaite (2011) y con pocas tareas competenciales, sin un tratamiento efectivo de los procedimientos en el área de Geografía, en lo que se coincide con Gómez Ruiz (2010).

Profundizando en los datos obtenidos en cuanto a las medias generales por cursos académicos, se observa:

- La variación entre los resultados del trabajo escrito en los distintos cursos académicos es mínima, siendo inferior en el curso 2016-2017 y superior en el curso 2018-2019; durante los cuatro cursos se han mantenido en torno a la calificación de 7 puntos.

- De nuevo, la diferencia entre los resultados de la exposición oral en los cuatro cursos académicos ha sido mínima, siendo el mejor resultado en el curso 2018-2019.

- En la elaboración de la SIGWeb con los datos de la IDEE, tampoco encontramos grandes diferencias entre los cursos académicos en los que se ha experimentado, siendo, el resultado inferior en el curso 2016-2017, mientras que el resultado superior se da en el curso 2018-2019.

Los mejores resultados del grupo de estudiantes del curso 2018-2019 (n=72), se puede deber en gran parte a las capacidades adquiridas y con una profunda curiosidad por su aprendizaje, su avidez por resolver problemas, su agudeza para formular preguntas y su pensamiento crítico, así como de ciertas habilidades para trabajar en cooperativo y llevar a cabo decisiones tomadas y consensuadas por el mismo (Murga-Menoyo, 2015). Estos aspectos son poco causales sobre los grupos en los que hemos experimentado este primer proyecto, siendo nuestro objetivo bien distinto hasta entonces de cómo habían aprendido la Geografía. Por ello, se plantea una experiencia práctica, vivencial y comprometida con la formación de los estudiantes, donde puedan tener la ocasión de hacerse preguntas sobre el mundo, su interacción con el medio geográfico, y cómo

pueden ellos mismos cambiarlo de manera individual y/o colectiva (Araya Palacios, 2013).

Estableciendo una comparación entre varones y mujeres, se observan las siguientes diferencias en cuanto a los resultados de los instrumentos de evaluación aplicados en la presente experiencia (Gráfico 2):

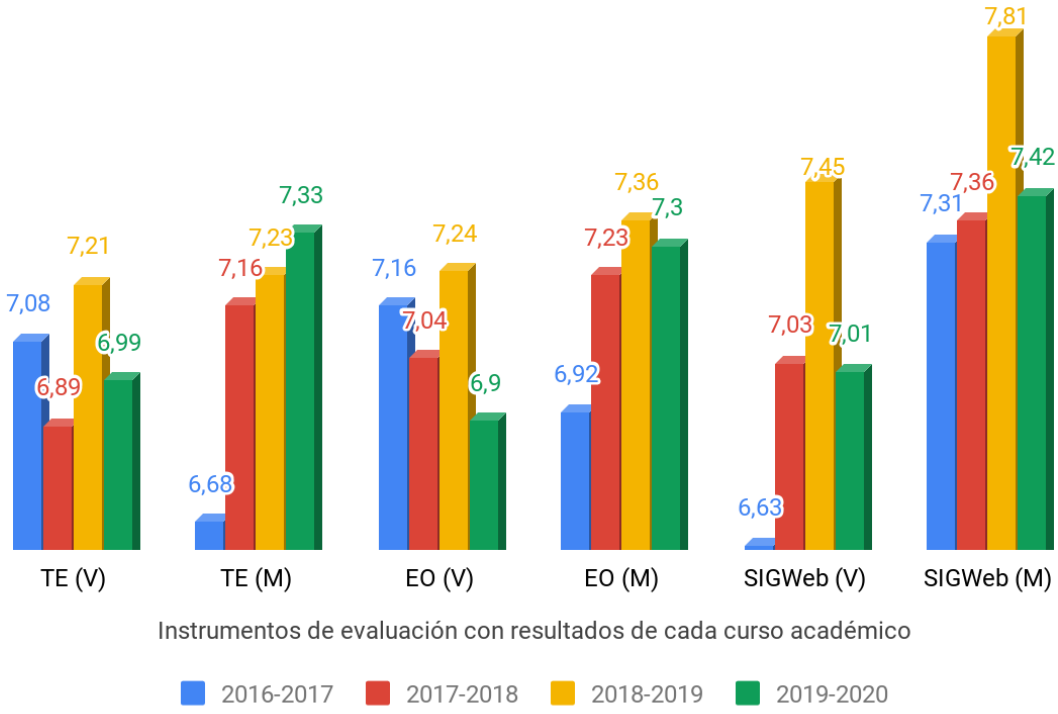


Gráfico 2. Resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M)

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Como en otros estudios han apuntado, no se consideran significativas las diferencias entre varones y mujeres, varían ligeramente por cursos académicos y tipo de trabajo sin que haya una pauta clara en esas pequeñas diferencias.

- El trabajo escrito por alumnos se sitúa en un 7,04 mientras que el realizado por las alumnas en un 7,10, cifra superior en 0,6 puntos. Si realizamos un análisis de los cursos académicos: el único curso en el que los varones (7,08) superan a las

mujeres (6,68) en puntos obtenidos es en el 2016-2017. En los tres cursos posteriores, los varones (6,89; 7,21; 6,99, respectivamente) son superados por las mujeres (7,16; 7,23; 7,33 respectivamente).

- Los resultados obtenidos de media de la exposición oral de las mujeres (7,20) es levemente superior a la de los varones (7,09). En cuanto al análisis pormenorizado de los cursos académicos se observa que en el único curso en el que los varones superan a las mujeres es en el curso 2016-2017 en 0,24 puntos; mientras que en los cursos posteriores los resultados de las alumnas es superior al de los alumnos en 0,19; 0,12 y 0,40, respectivamente.

- En la elaboración de la SIG Web, las mujeres obtuvieron mejores resultados que los varones en los cuatro cursos académicos en los que se realizó esta actividad dentro de este proyecto. Las mujeres adquirieron resultados más brillantes, teniendo una diferencia de 0,68; 0,33; 0,36 y 0,41 puntos, respecto de los resultados de los varones.

En este análisis se observa, en general, unos resultados más altos por parte de las mujeres, lo cual puede deberse fundamentalmente a razones emocionales, estratégicas, motivacionales, experimentales, culturales, como señalan algunos investigadores (Rodán, *et al.*, 2016, Moé, 2016).

3.1.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial

Si comparamos los resultados del área de Geografía de 3º ESO en el grupo control con el grupo experimental podemos ver en tabla 8 las siguientes diferencias:

Tabla 8. Resultados de la prueba escrita y la calificación de la primera evaluación del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE)

	Curso 2016-2017		Curso 2017-2018		Curso 2018-2019		Curso 2019-2020		Media total de cursos	
Tipo de grupo	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**
Prueba escrita	5,62	6,79	5,66	7,9	5,02	7,12	4,59	7,39	5,22	7,30
Nota de la 1ª Eval.	6,09	7,11	6,33	7,57	5,84	7,43	5,50	7,12	5,94	7,31

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

Comparando la calificación de la la prueba escrita (cuyo texto se puede consultar en el anexo VIII) del grupo de control (n=448) con la del grupo experimental, se observa que los resultados del grupo de control están en torno a una calificación de suficiente (media de todos los cursos = 5,22) mientras que los del grupo experimental se encuentran en torno a una calificación de notable (media de todos los cursos = 7,30). Si observamos el gráfico 3, las calificaciones por cursos académicos destaca la diferencia en todos los cursos académicos, obteniendo una mayor calificación los estudiantes del grupo experimental: en el curso 2016-2017, la diferencia es de 1,17 puntos; en el curso 2017-2018 es de 2,24 puntos; en el curso 2018-2019 es de 2,1 puntos; y en el curso 2019-2020 es de 2,8 puntos. Si consideramos las medias de todos

los cursos, la dispersión entre el grupo de control y el experimental es de 2,08 puntos.

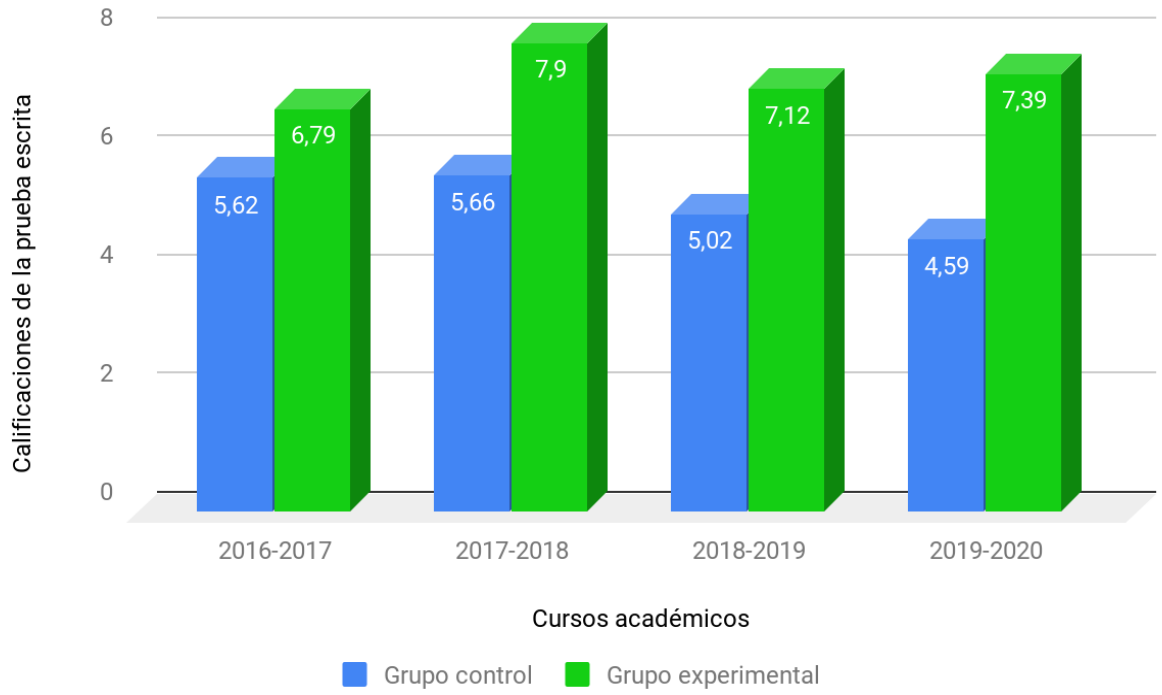


Gráfico 3. Comparativa de los resultados de la prueba escrita

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Comparando la calificación de la primera evaluación (de septiembre a diciembre de cada curso académico) del grupo de control con el grupo experimental, se llega a observar que los estudiantes del grupo de control tienen una media total de los cursos de 5,94 puntos, mientras que aquellos en los que se experimenta este método de aula obtienen una media de un 7,31 puntos. La dispersión de estas medias totales es de 1,37. Si observamos el gráfico 4, las calificaciones por cursos académicos destaca la diferencia en todos los cursos académicos, obteniendo una mayor calificación los estudiantes del grupo experimental: en el curso 2016-2017, la diferencia es de 1,02 puntos; en el curso 2017-2018 es de 1,24 puntos; en el curso 2018-2019 es de 1,59 puntos; y en el curso 2019-2020 es de 1,62 puntos.

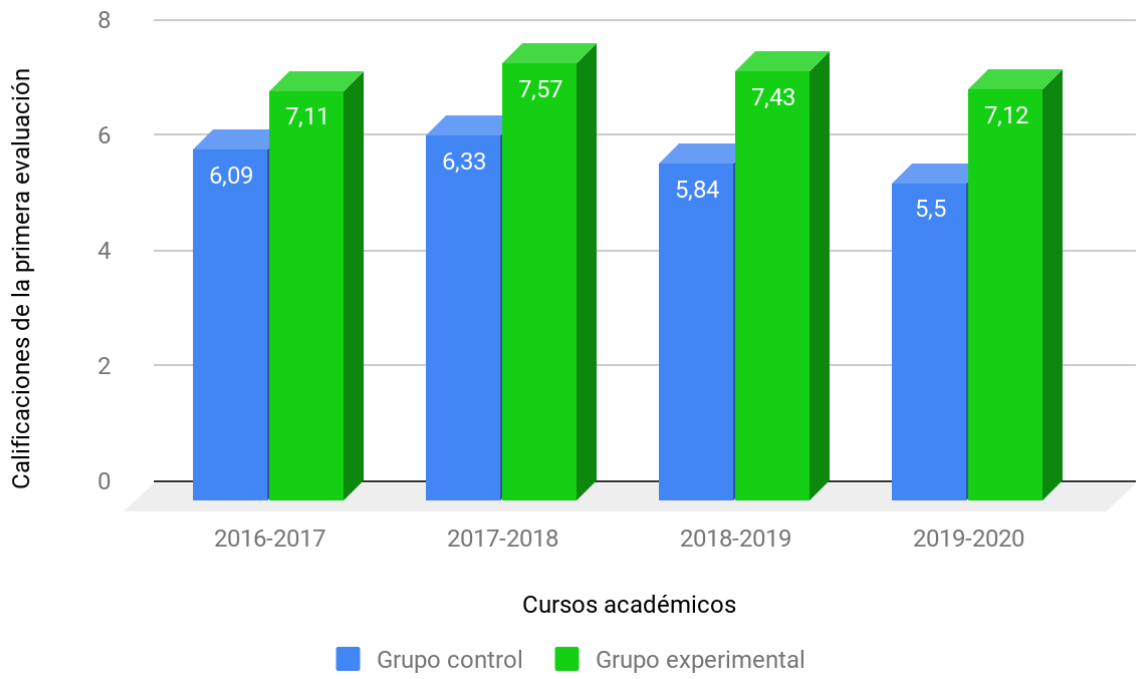


Gráfico 4. Comparativa de los resultados de la primera evaluación

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Por último, tras el análisis de los resultados de la prueba escrita y de las calificaciones de la primera evaluación, se puede observar una gran dispersión de resultados entre el grupo control, en el que se continuó con una enseñanza tradicional, basada en la metodología pasiva y con pocas actividades que requieran un alto esfuerzo cognitivo, y el grupo experimental, en el que se aplicó el método descrito anteriormente, basado en una metodología activa, en la que el alumno es el protagonista de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje y se involucra en tareas con un alto esfuerzo cognitivo, e incluso de flexibilidad cognitiva, a la hora de tomar decisiones que afectan al grupo y al producto final elaborado: una SIG Web que les sirva para explicar una de las ramas de la disciplina geográfica (Figura 7).

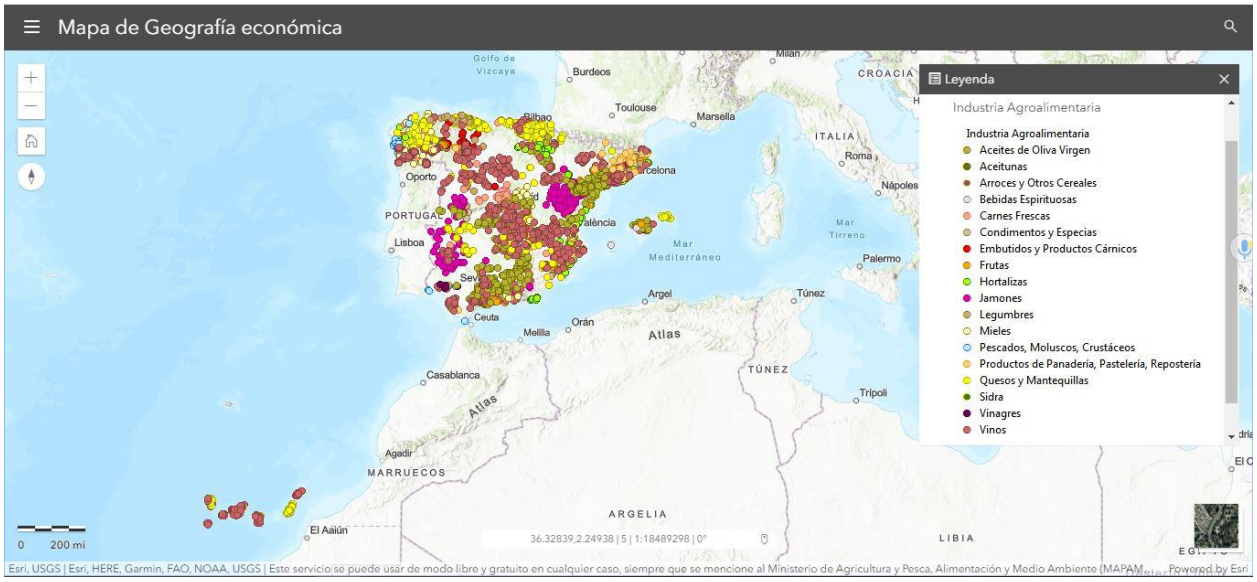


Figura 7. SIG Web colaborativa elaborada por los estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. del curso 2018-2019 empleando la IDEE para explicar la Geografía económica

Fuente: https://wms.mapama.gob.es/sig/Alimentacion/IndustriasAgroalimentarias/wms.aspx (punto de conexión).

3.2 Intervenciones procesuales: Un paisaje, un tesoro

Los estudiantes que aprendieron lo que es una IDE y su utilidad para el área de Geografía ahora la aplicarán en diversas actividades de aprendizaje que servirán en el proceso de elaboración para diseñar el proyecto final (*véase* 3.3. Experiencia final).

Se tratará el paisaje en distintas escalas geográficas para fomentar su comprensión, siendo el paisaje uno de los objetos de la ciencia geográfica en el que elementos naturales y humanos convergen. A través de una sistematización se realiza el análisis e interpretación de los paisajes naturales y humanizados, que los estudiantes todavía no conocen.

Se desarrollará entre los meses de octubre a diciembre de cada curso académico.

3.2.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados

Los estándares de aprendizaje y sus competencias asignadas (Orden EDU/362/2015 de Castilla y León, 2015, *véase* Anexo II) que los estudiantes adquirirán al realizar los proyectos de comprensión geoespacial y la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel:

- Resume elementos que diferencian lo urbano y lo rural en Europa (CL, CAA).
- Clasifica los principales paisajes humanizados españoles a través de imágenes (CL, CAA).
- Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica (CAA, CD).
- Sitúa los parques naturales españoles en un mapa, y explica la situación actual de alguno de ellos (CAA, CD, CEC).

3.2.2 Objetivos de investigación

Aplicación de las IDE para la comprensión del paisaje y comprobación de las hipótesis 2 y 3.

Diseñar actividades que den un paso más en buscar un ciudadano responsable con su entorno empleando los datos abiertos que los servicios de las IDE aportan.

Comparar los resultados finales del grupo de control y el grupo experimental en donde se ha llevado a cabo la intervención de aula.

3.2.3 Descripción de las actividades, curso al que va destinada y muestra empleada

Estas experiencias se llevan a cabo a través de tres trabajos por proyectos de la asignatura de Geografía de 3º ESO:

- Proyecto de comprensión geoespacial, centrado en los paisajes de España.
- Proyecto de comprensión geoespacial, basado en los paisajes de Europa en aspectos urbanos, medioambientales, geopolíticos y económicos.
- Proyecto de sensibilización medioambiental, que tiene como protagonista el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel[4] y enmarcado en el Proyecto de Innovación Docente 52/2016: "Aplicación de las tecnologías de la información geográfica en el diseño de itinerarios para la educación en paisaje en el ámbito de los Parques Nacionales Españoles" (Crespo-Castellanos *et al.,* 2018), coordinado por Dr. José Manuel Crespo Castellanos director del grupo de investigación GEODIDAC de la UCM.

[4] Esta experiencia está publicada parcialmente en Álvarez Otero, J, Lázaro y Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a) A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9*(2): 6-20.

Se pueden considerar aspectos comunes a los tres proyectos:

- Se selecciona el aprendizaje basado en proyectos, como estrategia pedagógica, de gran utilidad en la aplicación de los SIG en el aula docente, con un enfoque cooperativo.

- Se emplean geodatos que provienen de los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE).

- Se realizan mapas colaborativos entre el grupo clase o entre los grupos-base (con un máximo de 4 estudiantes por grupo) con herramientas como los SIG en la Nube o visores cartográficos proporcionados por instituciones públicas, nacionales o internacionales.

- Se tiene la preocupación por la conservación y mantenimiento del patrimonio natural en sintonía con el medio ambiente, teniendo como objetivo la responsabilidad del alumno sobre el territorio.

La muestra es de 173 estudiantes (n=173, 49,1 % de varones y 50,9 % de mujeres) en la asignatura de Geografía de 3º de ESO de un centro de Enseñanza Secundaria de Ávila durante los cursos escolares 2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019 (Tabla 9).

Tabla 9. . Estudiantes que han participado de las intervenciones procesuales

Curso académico	Varones	Mujeres	Total	% Varones	% Mujeres
2016-2017	16	18	34	47,06%	52,94%
2017-2018	32	35	67	47,76%	52,24%
2018-2019	37	35	72	51,39%	48,61%
Total	85	88	173	49,13%	50,86 %

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

3.2.4 Objetivos de aprendizaje para los estudiantes

- Acercar los paisajes y la biodiversidad en España y en Europa al estudiante para fomentar la preocupación social por su conservación y que sean capaces de emitir acciones de mejora para la gestión sostenible del paisaje, en términos naturales y culturales, concretamente de los Parques Nacionales.

- Mostrar cómo una SIG Web permite capturar o recopilar, almacenar, procesar, transformar, manipular información geográfica y diferentes tipos de capas (imágenes, terreno, escala y otros) para interpretar, compartir y presentar o comunicar la información seleccionada, tras su gestión y análisis.

- Promover competencias digitales empleando herramientas como *Google Drive* -almacenar información en distintos formatos-, *Nearpod* -visualizar imágenes-, *Flipboard* -organizar noticias- y de geolocalización (*GPS Garmin, OruxMaps, MyMaps*).

3.2.5 Método

A continuación, se explica el método de aula llevado a cabo en cada una de estas experiencias procesuales:

a) Proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España

La experiencia comienza con el análisis de paisajes de España, tanto naturales como humanizados, en distintas sesiones en las que se interpretan imágenes de paisajes geográficos e incluso una práctica de los paisajes de España, conocidos por ellos mismos, a través de un taller práctico de elaboración de mapas con ArcGIS Online, repitiendo la metodología de aula de una experiencia resultante del Trabajo Fin de Máster en Formación del Profesorado por Álvarez (2014a). La experiencia del área de Geografía (Álvarez, 2014b) fue presentada en el X Congreso Nacional de Didáctica de la Geografía *Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica* y publicada en Martínez Medina y Tonda-Monllor (2014).

Se observa que los estudiantes desconocen el análisis e interpretación de los paisajes naturales y humanizados, de ahí la necesidad de estas primeras actividades que consisten en el empleo de fotografías de paisajes y la sistematización de su análisis. Con la secuenciación de las actividades siguientes de análisis y comentario de paisajes de España a través de una ficha dada (Lázaro *et al.*, PIMCD, 2012, 2013, 2015) y de su volcado en una SIG Web. La ficha consiste en:

1.- Descripción general del paisaje, empleando la siguiente rutina de pensamiento: *Observo - Describo - Localizo y contextualizo*[5]

[5] Según Jo y Bednarz (2009) los procesos cognitivos del pensamiento espacial consisten en tres niveles. Primero, "el nivel de entrada del pensamiento" es un proceso de confirmación, definición, narración, descripción, especificación y observación de una información, pero este proceso por sí solo podría no ser suficiente para explicar un razonamiento claro, lo que hace necesarios un segundo y tercer sistema cognitivo. Segundo, "el nivel de procesamiento del pensamiento" establece que en el proceso de entrada de información, un alumno analiza, clasifica, interpreta, organiza o compara información para adquirir comprensión. El tercer nivel de pensamiento es el "nivel de salida" después de ingresar y procesar, donde la información se evalúa e integra para crear nuevos conocimientos o un producto". Este producto en el caso que nos ocupa será una SIG Web.

2.- Delimitación de las unidades homogéneas de paisaje (*enumero, describo y analizo cada una de ellas*)

3.- Relación con la economía sostenible y la sociedad

4.- Conclusiones

5.- Aportar los datos de la imagen (lugar, provincia y comunidad autónoma; localización del punto desde el que se ha tomado la imagen por sus coordenadas geográficas buscadas en ArcGIS Online.

6.- Referencias empleadas (libros, páginas Web, testimonios de familiares y amigos y otros)

Tras la elaboración de la ficha individual se corrigen las dificultades que citamos a continuación:

- Los problemas mostrados por los estudiantes para segmentar el paisaje en unidades, se han resuelto aportando un ejemplo resuelto (Figura 8) empleando la pizarra digital interactiva (Lázaro *et al.*, 2012), que permite ampliar la imagen y dibujar encima de ella.



Figura 8. Ejemplo de segmentación de las unidades de paisaje realizada por parte de los estudiantes con errores. (Autora de la fotografía: Dra. Mª Carmen Mínguez García, en Lázaro *et. al.*, 2012).

Fuente: Lázaro *et. al.,* 2012.

- Se piden de dos a cuatro acciones de mejora posibles partiendo de la situación actual detectada, con la idea de que profundicen en el análisis paisajístico y en las actividades económicas que se desarrollan o se pueden desarrollar en el mismo, así como aquellas alternativas de mejora que ellos mismos formulan. Con esto entrenan el fomentar actitudes que respondan a una responsabilidad con el territorio, es decir, a cómo contribuir a su sostenibilidad socio-económica y ambiental. Algunas de estas citas extraídas de sus propios trabajos son:

> *"*Se podría mejorar la sostenibilidad añadiendo placas solares a las viviendas de dos pisos, aprovechando la energía de los dos ríos que pasan por el paisaje para generar energía hidroeléctrica, e incluso se podría obtener energía del movimiento de las olas del mar*".*

"El uso de transporte público generando su energía añadiendo sistemas solares para el movimiento de los propios autobuses, taxis, y demás vehículos".

"En ciudades como Roma, se ha diseñado una forma de reciclar las botellas de plástico, que a cambio de su entrega, vas generando crédito en las tarjetas de transporte público".

"Se podrían añadir zonas verdes en el centro de la ciudad, y soterrar parte de los medios de transporte que pasan por las arterias principales de la ciudad".

"En ciertas viviendas y lugares de la ciudad, se han colocado ciertos sistemas de recogida de las aguas de lluvia para el riego de zonas ajardinadas de la ciudad".

- Se les ha orientado en las citas bibliográficas, ya que tienen dudas a la hora de citar los libros y web consultadas. Para ello, se les presentan las normas APA en versión resumida (Anexo IX), se recomienda el empleo de *Google Scholar* para obtener la cita siguiendo las normas que se les han presentado; y en cuanto a citar las páginas web, deben de explicitar el día, mes y año en las que las han consultado.

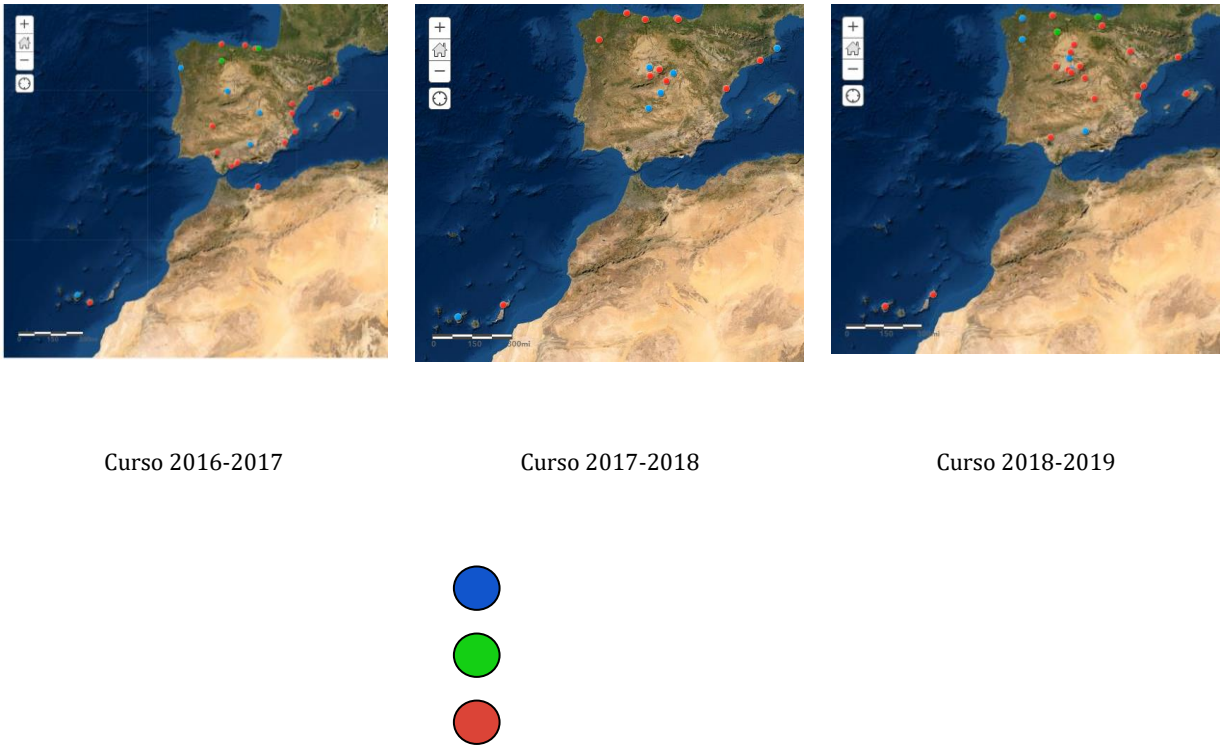
Se realiza un taller práctico de elaboración de una capa (*layer*) a integrar en la SIG Web con los datos de las fichas realizadas (Álvarez, 2014b; Guallart y Lázaro, 2020). Para ello se introducen los datos en una hoja de cálculo compartida a través de *Google Drive* (Figura 9), lo que permite exportarlos a un fichero con los campos delimitados por comas (csv, por sus siglas en inglés *comma-separated values*).

Lugar (Provincia)	*Comunidad autónoma*	*Descripción*	*Unidades de paisaje*	*Sector*	*Economía sostenible*	*Url de la imagen*	*Url de más info*	*Latitud*	*Longitud*

Figura 9. Campos a completar por el estudiante en la Hoja de Cálculo de *Google Drive*.

Fuente: Javier Álvarez-Otero (2014b).

El resultado del trabajo realizado será un mapa con los datos de todos y cada uno de los paisajes analizados por los estudiantes. La puesta en común del mismo es una "radiografía" de las áreas territoriales y actividades económicas menos y mejor conocidas por los estudiantes (Figura 10), esto es las ideas previas que tiene el alumnado para partir de ese punto.



Curso 2016-2017 Curso 2017-2018 Curso 2018-2019

Figura 10. SIG Web de los paisajes de España, en función del uso del suelo predominante en ellos, empleando ArcGIS Online (ESRI)

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero y estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O.

Los mapas resultantes del taller práctico presentan las siguientes características (Figura 10):

- El mapa del curso 2016-2017 muestra un fuerte conocimiento sobre el sector terciario (en color rojo), sobre todo en la proximidad a la costa mediterránea y algunos lugares de interés turístico interior, poco conocimiento sobre el sector primario (en color azul) y escasa preocupación sobre el sector secundario (en color verde), situándolos de forma dispersa por la península Ibérica. Los paisajes de los archipiélagos, Canarias y Baleares, son poco casos de estudio conocidos pero representativos.

- El mapa del curso 2017-2018 presenta paisajes pertenecientes al sector primario y terciario. El sector primario está localizado en las zonas interiores y próximas al centro peninsular, mientras que el sector terciario se encuentra en el interior peninsular y en la costa cantábrica. En este caso, tenemos paisajes provenientes de las islas Canarias, pero no de las Baleares.

- El mapa del curso 2018-2019 indica el gran conocimiento sobre los paisajes terciarios, incluidas las islas Baleares y Canarias como lugares donde se dan actividades pertenecientes al sector terciario. Los paisajes del sector primario se encuentran dispersos desde Galicia, Castilla y León y Andalucía; mientras que los paisajes del sector secundario se señalan en la cornisa cantábrica, centrándose en paisajes relacionados con las industrias.

Una vez realizado el mapa colaborativo, los grupos base realizan una combinación de esta capa colaborativa con una capa proveniente de los servicios de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (www.idee.es) (Figura 11, ejemplo de un mapa de un grupo base). Para ello, añaden a su SIG Web ambas capas y realizan un informe con el análisis y comentario del mapa resultante en cada grupo base, siguiendo el esquema dado por el profesor (Anexo IV).

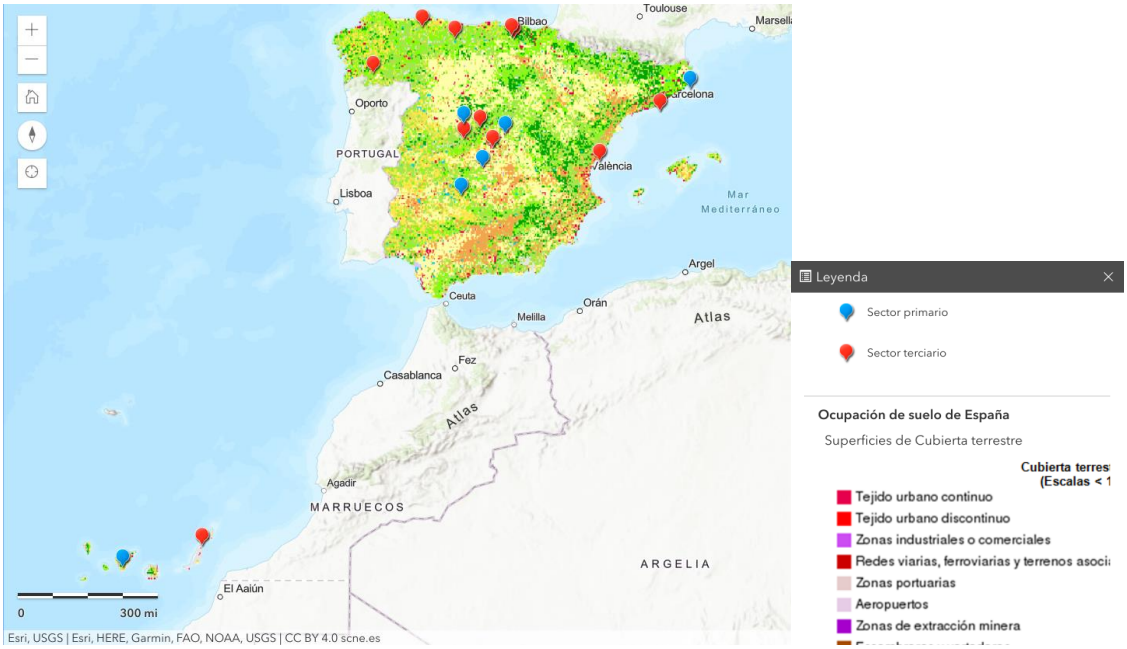


Figura 11. Ejemplo de un SIG Web integrando los servicios de la IDEE elaborado por un grupo base de estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. en el curso 2018-2019 en una aplicación web con ArcGIS Online (ESRI)

Fuente: https://servicios.idee.es/wms-inspire/ocupacion-suelo (punto de conexión a la Ocupación del suelo en la IDEE).

La vivencia por el alumnado de todos los elementos expuestos muestran el potencial de los resultados de la herramienta: habrán aprendido diferentes formas de añadir capas al mapa, cambiar y diseñar una ventana emergente, cambiar el mapa base, e incluso añadir otras capas (*layers*) para comparar sus paisajes con otras variables geográficas, como pueden ser la población, la población activa, la riqueza del país por cada habitante, la inflación, etc. integrando los datos elaborados por ellos mismos con otros datos procedentes de las IDE. Con ello han aprendido conceptos básicos y no tan básicos relacionados con la ciencia geográfica de una forma rigurosa y participativa que se puede extrapolar a otros escenarios, y estarán abiertos a nuevos aprendizajes.

b) Proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa

Esta actividad consiste en realizar diferentes actividades relacionadas con los países de Europa. Se secuencian así:

La primera actividad consiste en realizar un mapa colaborativo de las ciudades europeas que los estudiantes conocen. Para ello, se emplea el SIG en la Nube, ArcGIS Online, a través de la opción "añadir notas de mapa". El mapa está confeccionado para que los estudiantes busquen una imagen representativa de esa ciudad, añadan su url a la ventana emergente cuando pinchen en el mapa y rellenen los ítems para el análisis de ese paisaje (descripción, unidades de paisaje, relación con la economía sostenible y actuaciones de mejora).

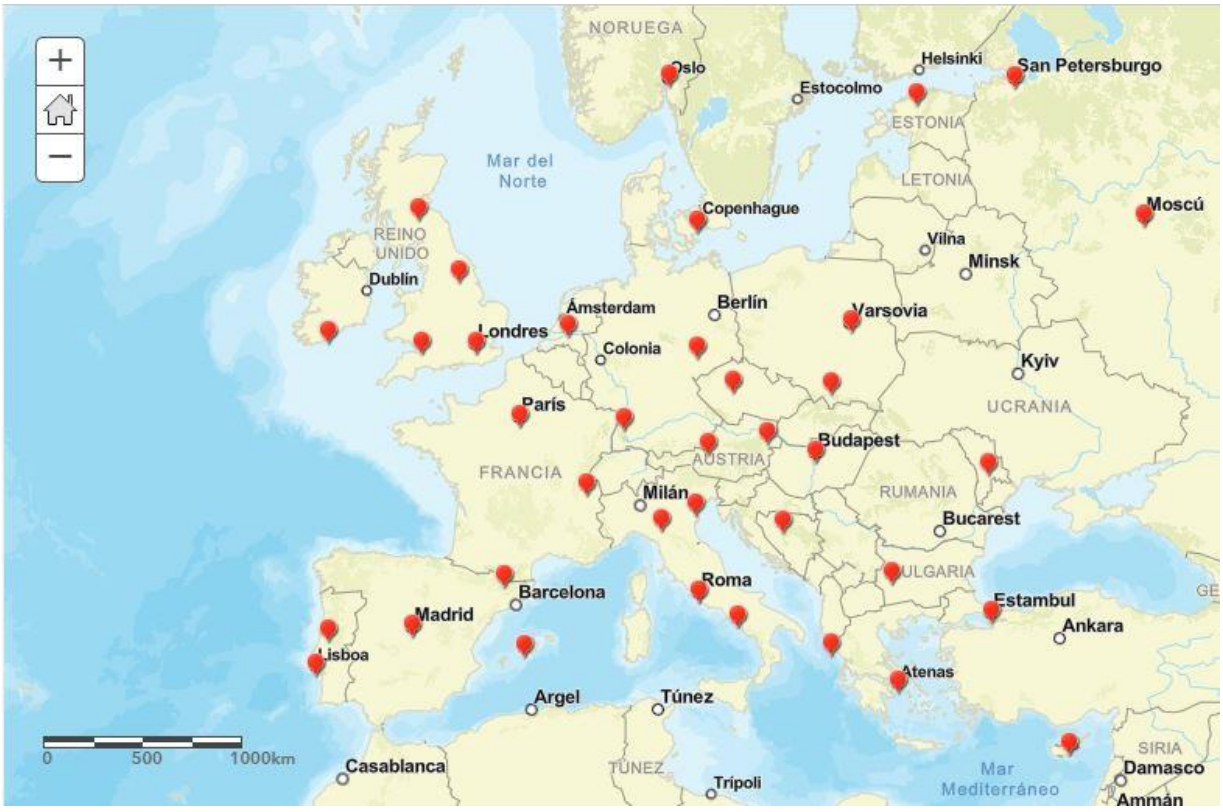


Figura 12. Mapa colaborativo de los paisajes de Europa

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero y estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. en el curso 2018-2019

El resultado es un mapa de los paisajes urbanísticos de Europa (Figura 12), con el que se realizan en los grupos-base una serie de preguntas geográficas de cómo realizar acciones sostenibles para mejorar esa ciudad europea. Se genera un debate en el grupo base y se ponen de acuerdo para realizar un decálogo de buenas prácticas sostenibles para llevarlas a cabo en su ciudad, en nuestro caso Ávila, en la herramienta de elaboración de infografías Canva (*véase* ejemplo en Figura 13).



Figura 13. Ejemplo de uno de los decálogos de acciones sostenibles para realizar en la ciudad de Ávila

Fuente: Elaborada por estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. del curso 2017-2018

La segunda actividad se basa en la visualización de los metadatos a través del geoportal de la Unión Europea https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/ analizando los dominios ambientales (aire, agua, ruido, hábitats naturales, residuos, emisiones industriales, accidentes industriales) (Figura 14). Cada grupo base realizará un mapa visualizando el dominio ambiental correspondiente.

Se realizan una serie de preguntas geográficas relacionadas con el aspecto ambiental a analizar, a responder empleando el mapa visualizado:

- ¿Qué países están afectados por ese aspecto ambiental?
- ¿Qué se podría realizar para que ese aspecto ambiental a nivel europeo mejorara?
- ¿Qué actuaciones se podrían realizar desde nuestra ciudad?

Una vez analizadas estas preguntas en cada grupo base y registradas en un informe escrito, se realiza un debate en el grupo-clase sobre qué actuaciones de mejora se pueden llevar a cabo para reducir el coste ambiental de ese indicador analizado.

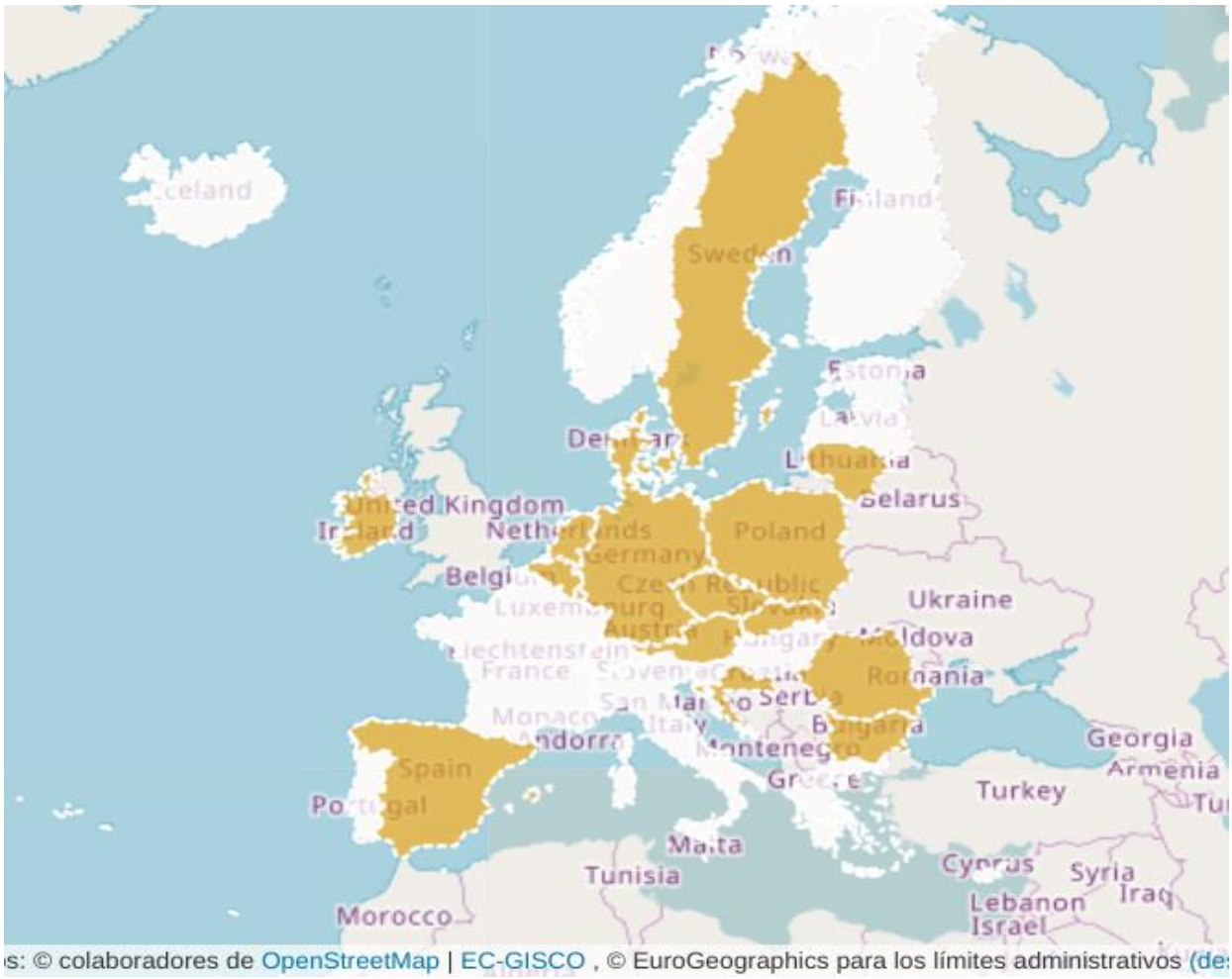


Figura 14. Visualización de los metadatos de la calidad del aire

Fuente: Geoportal de la Unión Europea. https://inspire-geoportal.ec.europa.eu

La tercera actividad es la elaboración de un mapa colaborativo en ArcGIS Online y una presentación colaborativa en Google Drive Presentaciones entre la clase para explicar la evolución del mapa político europeo después de la Segunda Guerra Mundial, con los principales hitos de la Unión Europea (UE) (Tébar, Buzo, Araujo y Lázaro, 2015). Cada uno de los grupos explica uno de los aspectos siguientes con la ayuda del mapa colaborativo creado (Figura 15).

- Creación del BENELUX (década de los 50 del siglo XX).

- Fundación de la Comunidad Europea del Carbón y del Acero, más tarde denominada como la Comunidad Económica Europea (CEE), con la firma del Tratado de Roma en 1957, con Bélgica, Países Bajos, Luxemburgo, Alemania, Francia e Italia como países de esta unión económica.
- En 1973 se sumaron a esta unión: Reino Unido, Irlanda y Dinamarca.
- En 1981 Grecia se incorporó.
- En 1986 se incorporaron España y Portugal.
- En 1992 la CEE se convirtió en la Unión Europea (UE).
- En 1995 Austria, Finlandia y Suecia se adhirieron.
- En 2004 Estonia, Letonia, Lituania, Polonia, República Checa, Eslovaquia, Hungría, Eslovenia, Malta y Chipre entraron a formar parte de la UE.
- En 2007 se incorporaron Rumanía y Bulgaria.
- En 2013 se adhiere Croacia.
- En 2020 Reino Unido sale de la UE.

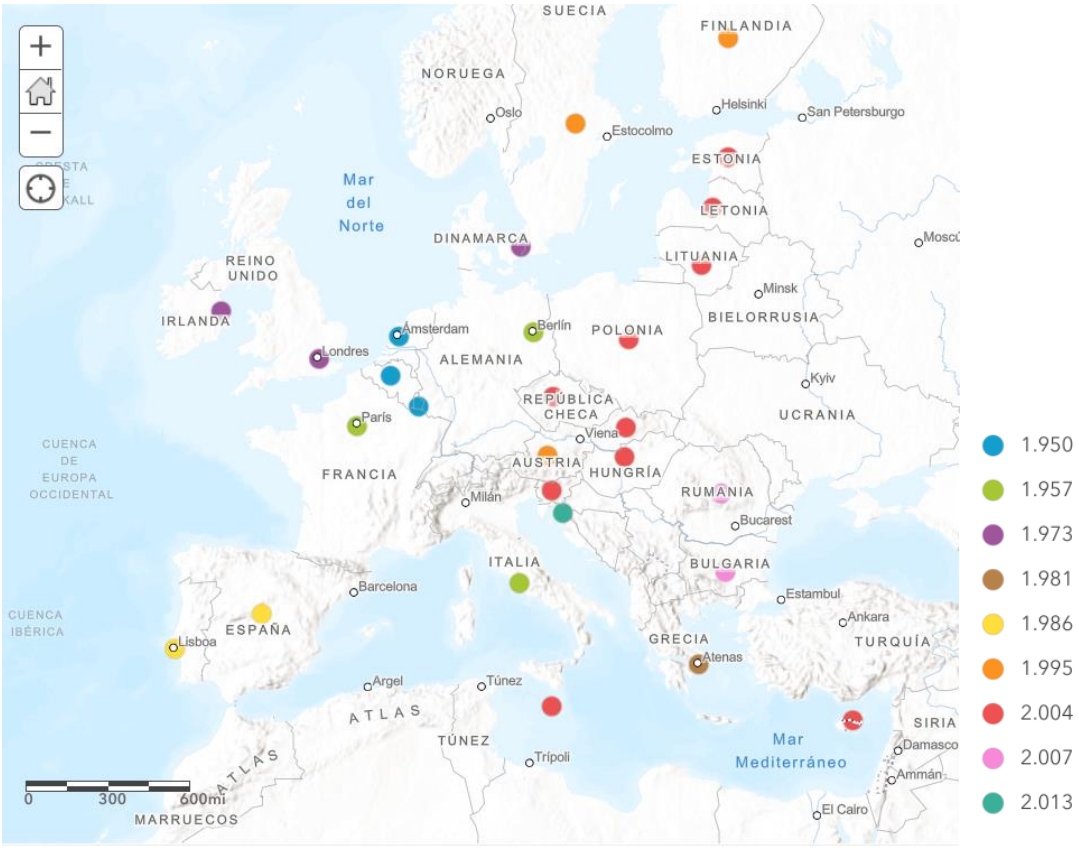


Figura 15. Mapa colaborativo de la evolución de la Unión Europea realizado por los estudiantes en ArcGIS Online

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero y estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. en el curso 2017-2018

Esta última actividad lleva una reflexión profunda de la implantación de las políticas fundamentales que se llevan a cabo en la Unión Europea:

- Política Agraria Común (PAC)
- Unión monetaria (Zona Euro, figura 16)
- Fondos europeos: Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER), Fondo Social Europeo (FSE)
- Espacio Schengen

- Política Pesquera Común (PPC)

- Todas aquellas políticas relacionadas con el medio ambiente, la seguridad, el comercio, la cultura, la educación, la salud, explicadas en http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/UnionEuropea/Paginas/Pol%C3%ADticas-comunes-de-la-Uni%C3%B3n-Europea.aspx



Figura 16. Política monetaria común, países que componen la Zona Euro

Fuente: https://europa.eu/european-union/about-eu/countries_es#header_countries_list

Todas las actividades de paisajes geográficos de Europa tienen el siguiente procedimiento:

- Elaboración o análisis de un mapa a través de un visor cartográfico o de un SIG en la Nube (ArcGIS Online).

- Análisis, comprensión del espacio y acciones posibles de mejora hacia temas como los paisajes humanizados en las ciudades europeas, el medio ambiente en Europa y las políticas llevadas a cabo por la Unión Europea, donde España actúa como país miembro de la misma.

- Debate a través de la estrategia cooperativa "sombrero de cuatro picos" a través de un enunciado polémico relacionado con los temas citados anteriormente. Cada alumno tendrá que posicionarse en una de los siguientes puntos de vista: a favor, en contra, neutral y escéptico. Todos ellos tendrán que llegar a un consenso.

c) Proyecto de sensibilización medioambiental: salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel[6]

Los estudiantes durante esta salida, y por los grupos establecidos, emplearán una aplicación GPS para geolocalizar las paradas previamente diseñadas por el profesor y descritas, junto con las actividades a realizar, en la tabla 5 de Álvarez *et al.* (2018), y manejarán las capas creadas en una SIG Web por el grupo de investigación GEODIDAC empleándolos geodatos abiertos elaborados y mantenidos por el MAGRAMA, dependiente del Ministerio de Agricultura y Medioambiente, y el Instituto Geográfico Nacional (IGN) y disponibles en el geoportal IDEE.

Tras la visita de campo y ya en el aula se elegirá la fotografía más representativa de entre las realizadas por el grupo-base, tanto en un sentido negativo como positivo de la sostenibilidad (*Nearpod*), todo el grupo-base piensa en un buen titular al estilo de las noticias periodísticas y las sugerencias individuales se integran en un producto final de forma participativa y consensuada en la herramienta (*Canvas*, *Genially*, *Prezi*, Presentaciones de *Google*) que cada grupo base considere para su exposición final.

[6] Esta experiencia está publicada parcialmente en Álvarez Otero, J, Lázaro y Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a) A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9*(2):6-20.

3.2.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental)

Se presentan los resultados de las distintas actividades de cada uno de los proyectos expuestos anteriormente:

a) Evaluación del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España

El primer proyecto de comprensión geoespacial es una actividad en la que se corregirán las fichas de análisis y comentario de los paisajes de España a través de una rúbrica (Anexo X), siendo una heteroevaluación, es decir, se realiza por parte del profesor. Mientras que la SIG Web con la combinación de la capa colaborativa del grupo-clase más los servicios de la IDEE se coevalúa en cada grupo-base (intragrupo) a través de una rúbrica (Anexo VI), revisando los resultados obtenidos por el profesor a través de un cuaderno de equipo (Anexo XI) en el que los estudiantes han escrito las tareas realizadas en cada una de las sesiones y han evaluado a sus compañeros cuantitativamente y cualitativamente a través de una lista de chequeo en la que deberán valorar a través de una escala Likert (Anexo XII).

Tabla 10. Resultados de los estudiantes del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España

	Curso 2016-2017		Curso 2017-2018		Curso 2018-2019		Media total	
Tipo de ejercicio	**Ficha paisaje**	**SIG Web IDEE**	**Ficha paisaje**	**SIG Web IDEE**	**Ficha paisaje**	**SIG Web IDEE**	**Ficha paisaje**	**SIG Web IDEE**
Media general	7,71	8,52	7,88	8,63	7,87	8,37	7,82	8,51
Media Varones	7,50	8,18	7,75	8,43	7,65	7,84	7,63	8,15
Media Mujeres	7,91	8,86	8,00	8,83	8,09	8,89	8,00	8,86

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

Considerando los resultados de la tabla 10, se observan los siguientes hitos:

- En las fichas del análisis y comentario de un paisaje de España los estudiantes obtienen 7,71 puntos en el curso 2016-2017; 7,88 en el 2017-2018, y 7,87 en el 2018-2019. La media de los tres cursos de este instrumento de evaluación se encuentra en 7,82 puntos. Se observa una calificación de notable alto, por lo tanto, los estudiantes consiguen buenos resultados al analizar y comentar un paisaje próximo a su ocio y tiempo libre, consiguiendo unas buenas destrezas de observación, análisis e interpretación de un paisaje geográfico.

- En la elaboración de la SIG Web los estudiantes consiguen 8,52 puntos en el curso 2016-2017; 8,63 en el 2017-2018 y 8,37 en el 2018-2019. La media de todos los cursos es de 8,51 puntos, por lo tanto, una calificación cercana al sobresaliente. Se observa que los estudiantes han adquirido habilidades relacionadas con la elaboración de una SIG Web y con la búsqueda de información geográfica, concretamente en la IDEE; además de asumir la responsabilidad de cada uno dentro del grupo, como se ha demostrado en su propia coevaluación intragrupo.

En cuanto a los resultados obtenidos entre varones y mujeres (Gráfico 5), se observan las siguientes diferencias:

- En las fichas de análisis y comentario los varones han obtenido 7,63 puntos mientras que las mujeres han conseguido 8,00 puntos de media general. Si realizamos un análisis pormenorizado de los cursos académicos, se observa que los varones han obtenido 7,50; 7,75 y 7,65, respectivamente, mientras que las mujeres han superado a los varones todos los cursos, consiguiendo 7,91, 8,00 y 8,09 respectivamente.

- En la elaboración de la SIG Web los varones han conseguido 8,15 puntos de media general mientras que las mujeres han obtenido 8,86. Si realizamos un análisis por cursos académicos, también las mujeres superan a los varones, ya

que ellas han obtenido 8,86, 8,83 y 8,89 mientras que ellos han conseguido 8,18, 8,43 y 7,84, respectivamente.

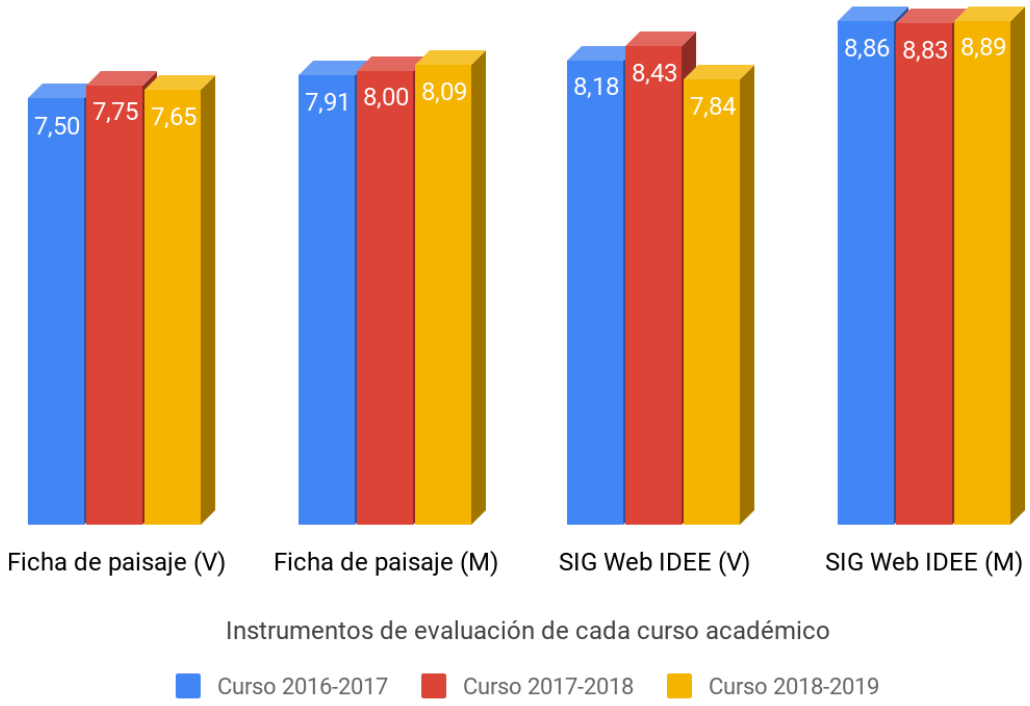


Gráfico 5. Resultados de varones (V) y mujeres (M) en el proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

b) Evaluación del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa

La primera actividad del proyecto de comprensión geoespacial de los paisajes de Europa reúne los siguientes instrumentos de evaluación:

- Un mapa colaborativo (MC) de los paisajes urbanísticos de Europa, cada uno de estos paisajes analizados en el propio mapa por los estudiantes y de la cual se obtiene una calificación por parte del profesor (heteroevaluación) a través de la rúbrica citada (Anexo VI).

- Un decálogo (DC) de acciones sostenibles posibles a realizar en el territorio, coevaluado por cada grupo base a través de un cuaderno de equipo y una lista

de chequeo con escala Likert (Anexos XI y XII), en el que registran las tareas y las observaciones cualitativas y cuantitativas de cada uno de los miembros del grupo base.

- Un debate (DB) sobre las actuaciones para mejorar el paisaje urbanístico de Europa, que es autoevaluado por cada uno de los estudiantes a través de un cuestionario en *Google Forms* (Anexo XIII).

Tabla 11. Resultados de la primera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos urbanísticos)

	Curso 2016-2017			Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Media total		
Tipo de ejercicio	**MC**	**DC**	**DB**	**MC**	**DC**	**DB**	**MC**	**DC**	**DB**	**MC**	**DC**	**DB**
Media general	7,50	7,89	7,93	7,65	7,97	8,08	7,63	7,94	8,10	7,59	7,93	8,04
Media Varones	7,15	7,89	7,95	7,35	7,85	8,05	7,28	7,88	8,10	7,26	7,87	8,03
Media Mujeres	7,85	7,89	7,90	7,95	8,09	8,10	7,98	8,00	8,10	7,93	7,99	8,03

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

Considerando los datos de la tabla 11, se observa en los resultados de los tres instrumentos de evaluación lo siguiente:

- El mapa colaborativo de los paisajes urbanísticos de Europa tiene una media general de resultados de 7,59. Si analizamos cada curso académico, observamos que los estudiantes han obtenido 7,50 puntos en el 2016-2017; 7,65 en el 2017-

2018; y 7,63 en el 2018-2019. La diferencia entre los cursos es mínima, y las calificaciones están alrededor del notable.

- El decálogo de las acciones sostenibles tiene una media general de 7,93 puntos. Observando cada uno de los cursos académicos, los estudiantes han obtenido 7,89; 7,97 y 7,94 respectivamente, teniendo una diferencia mínima entre los distintos cursos.

- El debate sobre las actuaciones de mejora de los países urbanísticos abordados en el mapa y considerado para realizar el decálogo tiene una media general de 8,04 puntos. Si realizamos un análisis pormenorizado de los tres cursos académicos, se observa que las calificaciones son similares: 7,93; 8,08 y 8,10 puntos.

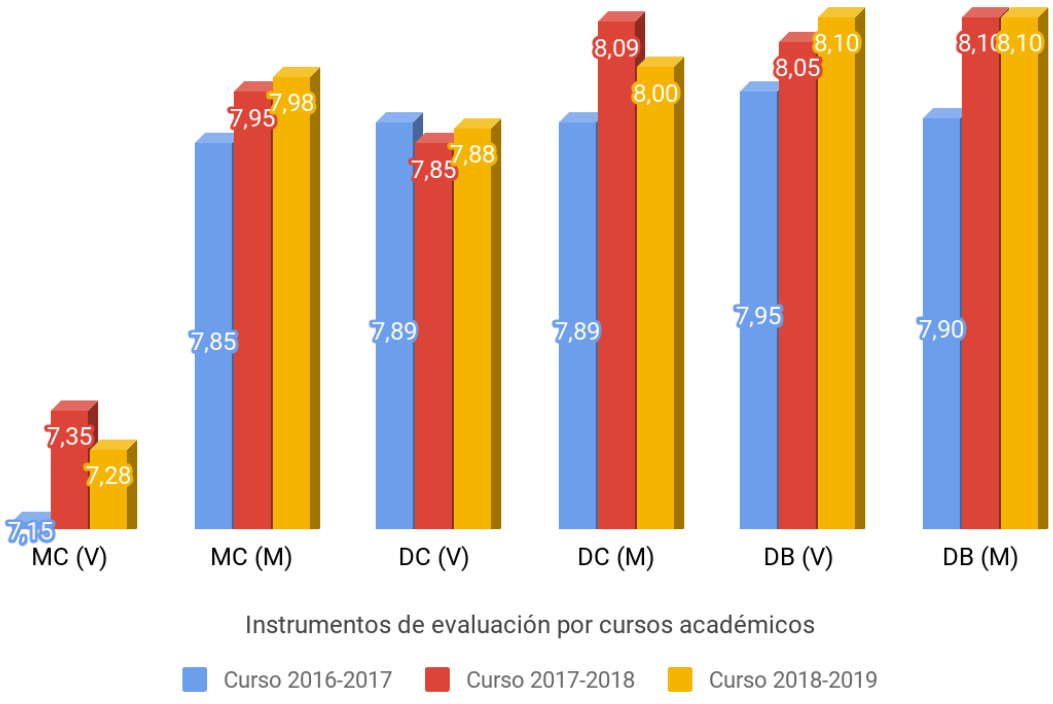


Gráfico 6. Resultados entre varones (V) y mujeres (M) de los instrumentos de evaluación de la primera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos urbanísticos)

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Estableciendo una comparación entre varones (V) y mujeres (M), se observa en el gráfico 6 las siguientes diferencias en:

- El mapa colaborativo (MC en gráfico 6) tiene una diferencia de 0,67 puntos, siendo la media general de las mujeres ligeramente superior respecto de la de los varones. Si analizamos los resultados de los cursos académicos: en el 2016-2017 los varones obtienen 7,15 puntos y las mujeres 7,85; en el 2017-2018 los varones consiguen 7,35 y las mujeres 7,95; y en el 2018-2019, los varones alcanzan 7,28 y las mujeres 7,98.

- El decálogo (DC en gráfico 6) de las acciones sostenibles tiene una diferencia de 0,12 puntos, siendo la media general de las mujeres superior respecto de la de los varones. Analizando los resultados por cursos académicos: en el 2016-2017 ambos sexos obtienen 7,89 puntos; en el 2017-2018 los varones consiguen 7,85 y las mujeres 8,09; y en el 2018-2019, los varones alcanzan 7,88 y las mujeres 8,00.

- El debate (DB en gráfico 6) de las actuaciones de mejora sobre el territorio europeo tiene una diferencia de 0 puntos, tanto varones como mujeres han obtenido la misma media general (8,03). Si realizamos un análisis de los resultados de la autoevaluación del debate, las diferencias entre sexos son mínimas (0,05) en los cursos 2016-2017 y 2017-2018, y sin ninguna diferencia (0) en el curso 2018-2019.

La segunda actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa trata de los aspectos ambientales a través de un mapa visualizado a través del Geoportal de la UE (inspire-geoportal.ec.europa.eu/). Para evaluar la actividad se obtienen tres calificaciones de los siguientes instrumentos de evaluación:

- Un mapa visualizado del Geoportal IDE (MG en tabla 12) con un dominio ambiental de la UE, que es evaluado por el profesor (heteroevaluación) a través de una rúbrica (Anexo VI).

- Un informe escrito con las respuestas a las preguntas geográficas (IPG en tabla 12) empleando el mapa ambiental de la UE, que es coevaluado intragrupo a través de una rúbrica (Anexo XIV).

- Un debate (DB en tabla 12) sobre las actuaciones para mejorar las situaciones que han analizado e interpretado a través de los indicadores medioambientales representados en sus propios mapas a través de un cuestionario de autoevaluación en *Google Forms* en el que los estudiantes tienen que autoproponer una calificación (Anexo XIII).

Tabla 12. Resultados de la segunda actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos medioambientales)

	Curso 2016-2017			Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Media total		
Tipo de ejercicio	**MG**	**IPG**	**DB**	**MG**	**IPG**	**DB**	**MG**	**IPG**	**DB**	**MG**	**IPG**	**DB**
Media general	9,07	8,31	8,05	9,15	8,33	8,10	9,40	8,38	8,15	9,21	8,34	8,08
Media Varones	9,09	8,56	8,00	9,05	8,65	8,10	9,25	8,59	8,05	9,13	8,60	8,00
Media Mujeres	9,05	8,05	8,10	9,25	8,00	8,10	9,55	8,16	8,25	9,28	8,07	8,15

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Analizando los resultados de la tabla 12, se observan los siguientes hitos en cada uno de los instrumentos de evaluación:

- El mapa grupal del Geoportal de la UE tiene como calificación media 9,21 puntos. Se observa que son resultados de sobresaliente gracias al apoyo del visualizador del Geoportal de la UE, así como las herramientas y servicios IDE que ofrece, que son de fácil manejo. De hecho, en los tres cursos, las calificaciones medias se encuentran en 9,07; 9,15 y 9,40 puntos, respectivamente.

- El informe escrito está muy bien evaluado con resultados medios de notable alto (8,34). Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el 2016-2017, la media se encuentra en 8,31; en el 2017-2018, en 8,33; y en el 2018-2019 en 8,38. Se destaca el hecho de que los estudiantes se realicen preguntas relacionadas con los datos que están visualizando, y con este análisis, pongan de relieve sus interpretaciones, emulando la labor del geógrafo.

- El debate que se generó tanto en los grupos base como en el grupo-clase fueron obtuvieron una media general de notable (8,08). Los resultados de los cursos se encuentran dentro de estas calificaciones: en el 2016-2017, en 8,05 puntos, en el 2017-2018 en 8,10; y en el 2018-2019, en 8,15.

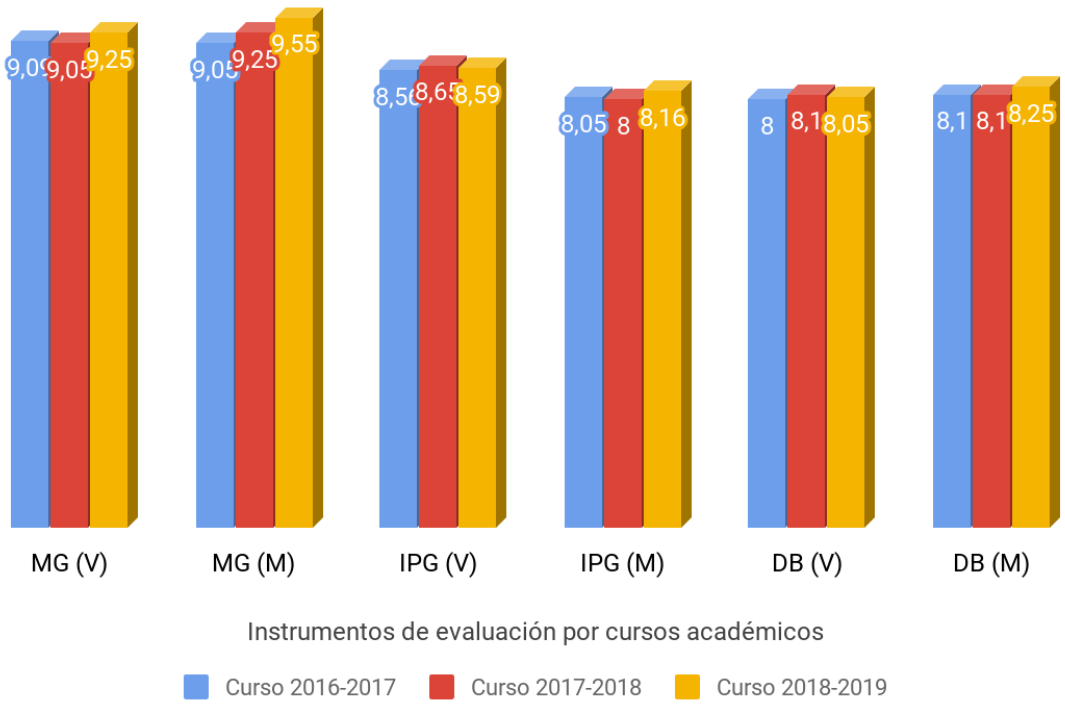


Gráfico 7. Resultados entre varones (V) y mujeres (M) en los instrumentos de evaluación de la segunda actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los países de Europa

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Comparando los resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M), se observan en el gráfico 7 las siguientes diferencias en:

- El mapa grupal en la media general de los varones se encuentra en 9,13 puntos mientras que los resultados de las mujeres (9,28) son superiores con una diferencia mayor, de 0,15 puntos. Si realizamos un análisis por cursos: solo en el 2016-2017 los resultados de los varones (9,04) son superados a los de las mujeres (9,05) en 0,04 puntos; mientras que en los dos siguientes cursos, en 2017-2018 y 2018-2019, los resultados de las mujeres (9,25 y 9,55; respectivamente) superan en 0,20 y 0,30 puntos a los de los varones (9,05 y 9,25; respectivamente).

- El informe escrito tiene una media general en varones de 8,60 puntos, mientras que en las mujeres se encuentra inferior en 0,53 puntos (8,07). Si realizamos un análisis por cursos académicos, los tres cursos tienen en común que los resultados de los varones (8,56; 8,65 y 8,59, respectivamente) son superiores a los de las mujeres (8,05; 8,00 y 8,16).

- El debate es muy similar tanto en varones como en mujeres, ya que en la media general hay una diferencia de 0,15 puntos (varones: 8,00; mujeres: 8,15), siendo superiores los resultados de las mujeres. Si realizamos un análisis por cursos: en el curso 2016-2017 los resultados de los varones alcanzan 8 puntos, mientras que las mujeres obtienen 8,10; en el 2017-2018 tanto varones como mujeres consiguen 8,10 puntos, y en el 2018-2019 los resultados de las mujeres son superiores en 0,20 puntos (8,25) respecto de los de los varones que consiguen 8,05.

La tercera actividad en la que se ponen en valor los paisajes de Europa con los indicadores relacionados con las políticas llevadas a cabo desde la Unión Europea. Para ello, se establecen los siguientes instrumentos de evaluación:

- El mapa web colaborativo (MC en tabla 13) de la construcción de la UE se coevalúa entre el grupo clase (intergrupo) a través de una rúbrica (Anexo VI).

- La exposición oral (EO en tabla 13) se coevalúa dentro del grupo base (intragrupo) a través de una rúbrica (Anexo VII).

- El debate (DB en tabla 13) sobre actuaciones de mejora en la aplicación de las políticas de la UE, el cual es autoevaluado por los alumnos a través de un formulario de Google (Anexo XIII).

Tabla 13. Resultados de la tercera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos político-territoriales de la UE)

	Curso 2016-2017			Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Media total		
Tipo de ejercicio	**MC**	**EO**	**DB**	**MC**	**EO**	**DB**	**MC**	**EO**	**DB**	**MC**	**EO**	**DB**
Media general	7,43	8,21	8,30	8,81	9,11	8,83	7,90	8,53	8,05	8,05	8,62	8,59
Media Varones	7,16	8,14	8,35	8,43	9,10	9,00	7,45	8,38	8,75	7,68	8,54	8,70
Media Mujeres	7,69	8,27	8,25	9,19	9,12	8,65	8,35	8,68	8,55	8,41	8,69	8,48

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Realizando un análisis detallado de la tabla 13, llegamos a describir los siguientes hechos:

- El mapa colaborativo obtiene unos resultados de media general en 8,05 puntos. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el 2016-2017 los estudiantes han alcanzado 7,43 puntos; en el 2017-2018 consiguieron 8,81 y en el 2018-2019 obtuvieron 7,90. Son calificaciones que se encuentran alrededor del notable, siendo el curso 2017-2018 en el que los estudiantes consiguen un resultado superior.

- La exposición oral ha sido evaluada con una media general de 8,62. Si analizamos los resultados de ésta por cursos académicos, se observa que la mayor calificación fue obtenida en los estudiantes del curso 2017-2018 con 9,11 puntos; mientras que en el 2016-2017 fue de 8,21 y en el 2018-2019 fue de 8,53.

- El debate ha obtenido una media general de 8,59 puntos. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el 2016-2017 los estudiantes obtuvieron 8,30; en el 2017-2018 alcanzaron 8,33 y en el 2018-2019 consiguieron 8,05.

Comparando los resultados entre varones (V) y mujeres (M) en los instrumentos de evaluación se observan las siguientes diferencias en el gráfico 8:

- El mapa colaborativo tiene una media general de 7,68 puntos en los resultados de los varones, mientras que las mujeres obtuvieron 8,41 puntos, teniendo una diferencia de 0,73. Si realizamos un análisis por cursos académicos, se observa que los resultados de las mujeres son superiores a los de los varones (7,16; 8,43; 7,45) en 0,53 (2016-2017); 0,76 (2017-2018); y 0,9 (2018-2019).

- La exposición oral tiene una media general en varones de 8,54 y en mujeres 8,69 puntos, cuya diferencia es de 0,15. Si analizamos los resultados por cursos académicos: en el 2016-2017 los resultados de las mujeres (8,27) son superiores a los de los varones (8,14) en 0,13; en el 2017-2018 los resultados entre varones y mujeres son muy similares en 9,10 y 9,12 puntos, respectivamente; y en el curso 2018-2019 los resultados de las mujeres (8,68) son superiores a los de los varones (8,38).

- El debate obtuvo unos resultados generales en varones de 8,70 y en mujeres de 8,48; cuya diferencia es de 0,22. Si realizamos un análisis por cursos académicos, los resultados de los varones (8,35; 9,00; y 8,75) son superiores a los de las mujeres (8,25; 8,65 y 8,55) en 0,10; 0,35 y 0,20.

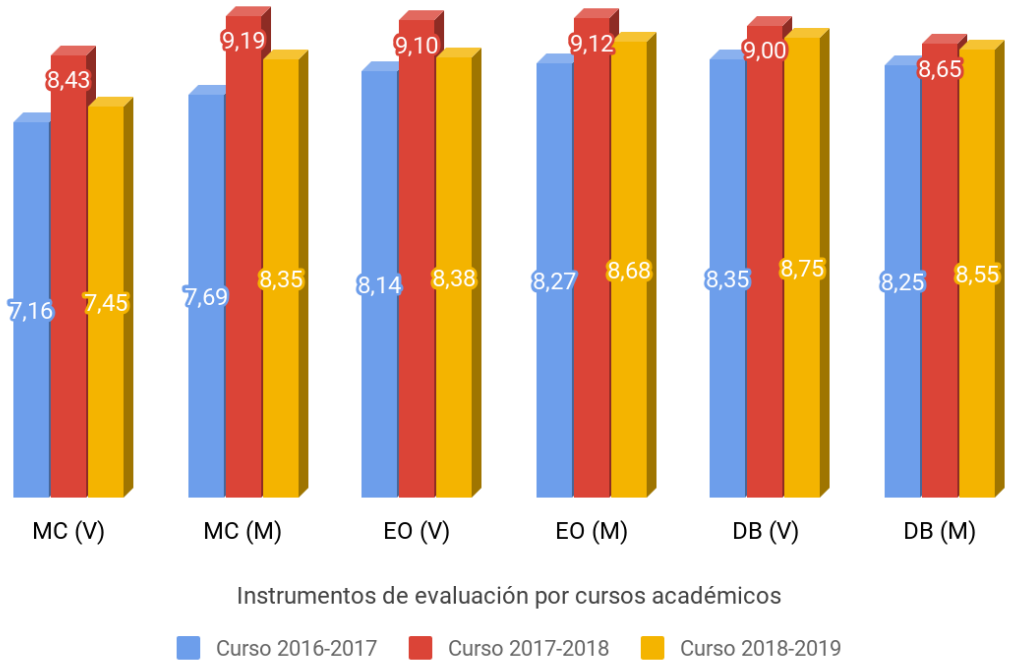


Gráfico 8. Resultados de los instrumentos de evaluación de varones y mujeres en la tercera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

c) Evaluación de la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

Para evaluar la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, se consideran los siguientes instrumentos de evaluación:

- Cuaderno de campo (CC en tabla 14), que es el producto final que tendrán que realizar en cualquier plataforma de presentación, a elegir por el grupo base. Para ello, se evalúa a través de una rúbrica (Anexo XV).

- La exposición oral sobre el producto final (EO en tabla 14) al grupo clase en el que serán coevaluados por los otros grupo de la clase (intergrupo) a través de una rúbrica (Anexo VII).

Tabla 14. Resultados de los estudiantes del proyecto de sensibilización medioambiental: la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel

	Curso 2016-2017		Curso 2017-2018		Curso 2018-2019		Media total	
Tipo de ejercicio	**CC**	**EO**	**CC**	**EO**	**CC**	**EO**	**CC**	**EO**
Media general	8,78	8,60	9,04	8,86	8,90	8,92	8,91	8,79
Media Varones	8,46	8,35	8,89	8,56	8,74	8,65	8,70	8,52
Media Mujeres	9,09	8,85	9,18	9,15	9,05	9,18	9,11	9,06

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

Observando los resultados de la tabla 14, se destacan los siguientes hechos:

- El cuaderno de campo obtuvo una media general de 8,91 puntos en los estudiantes. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el 2016-2017 los estudiantes alcanzaron de media 8,78 puntos; en el 2017-2018 consiguieron 9,04 y en el 2018-2019 obtuvieron 8,90. Se observa que la elaboración del cuaderno de campo está en torno al sobresaliente, con un buen material de recogida de datos durante la salida didáctica a través de las preguntas guía (Álvarez, Lázaro y González, 2018a: 17).

- La exposición oral consiguió una media general de 8,79 puntos. Si analizamos los resultados de este instrumento de evaluación por cursos académicos: en el 2016-2017 los estudiantes alcanzaron 8,60; en el curso 2017-2018, consiguieron 8,86; y en el curso 2018-2019 obtuvieron 8,92; siendo la media más alta de los tres cursos académicos.

Comparando los resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M) se observa en el gráfico 9 las siguientes diferencias:

- El cuaderno de campo resultante de los varones obtuvo una media general de 8,70 puntos, mientras que el de las mujeres alcanzó 9,11 (tabla 14). Si realizamos un análisis por cursos académicos: los resultados de las mujeres (9,09; 9,18; 9,05) son superiores a los de los varones (8,46; 8,89; y 8,74) en 0,63 en el curso 2016-2017; en 0,29 en el 2017-2018, y en 0,31 en el 2018-2019.

- La exposición oral realizada por los varones ha obtenido una media general de 8,52, mientras que la proveniente por parte de las mujeres ha alcanzado 9,06 puntos (tabla 14). Si elaboramos un análisis por cursos académicos: los resultados de las mujeres (8,85, 9,15 y 9,18) son superiores a los de los varones (8,35; 8,56 y 8,65) en 0,50 en el curso 2016-2017, en 0,59 en el 2017-2018, y en 0,53 en el 2018-2019.

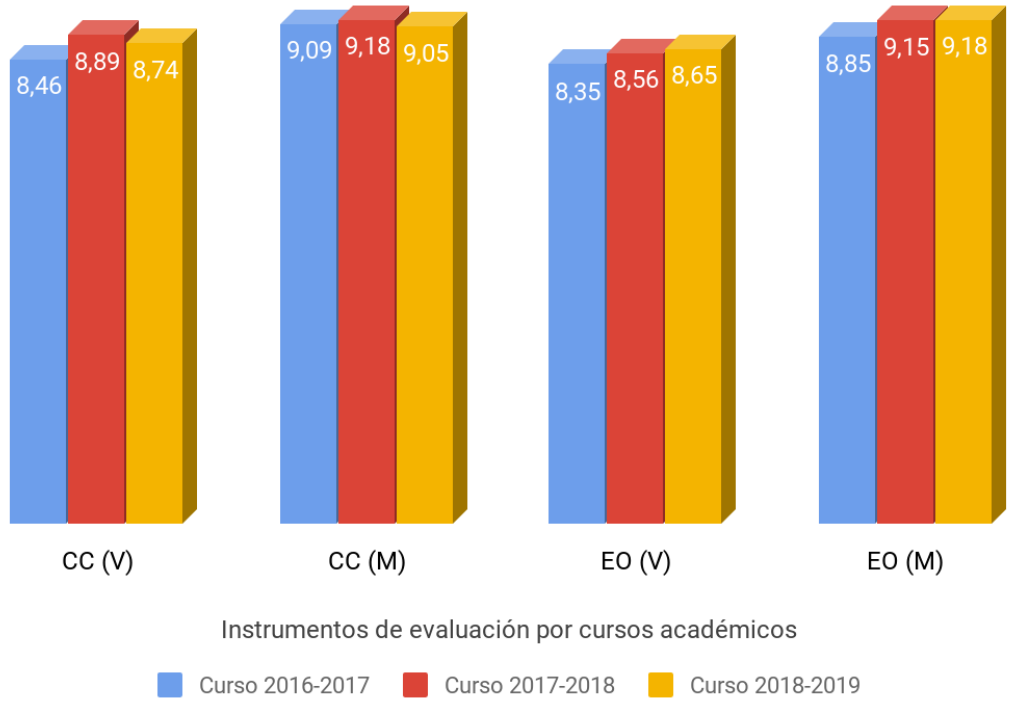


Gráfico 9. Resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M)

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

3.2.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial

Se realiza una comparación entre el grupo experimental, donde se han aplicado las experiencias desarrolladas previamente y el grupo de control (n=448). Para ello ha sido necesario seleccionar dos resultados que permitan realizar este paralelismo (tabla 15):

- La prueba escrita de la 2ª evaluación, que versa sobre los contenidos relacionados con los paisajes geográficos, el medio ambiente y su implicación en el territorio, los sectores económicos: primario, secundario y terciario; y la organización política de la sociedad, con especial énfasis en la organización española y europea (Anexo XVI).

- La calificación final de la segunda evaluación coincidiendo que todas las experiencias se llevaron a cabo entre los meses de enero a marzo de todos los cursos académicos.

Tabla 15. Resultados de la prueba escrita y la calificación de la segunda evaluación del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE)

	Curso 2016-2017		Curso 2017-2018		Curso 2018-2019		Media total de cursos	
Tipo de grupo	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**
Prueba escrita	6,20	7,53	5,84	8,19	5,79	8,59	5,94	8,11
Nota de la 2ª Eval.	6,06	7,58	5,98	8,62	5,28	8,76	5,77	8,32

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Comparando la calificación de la prueba escrita (cuyo texto se puede consultar en el Anexo XVI) del grupo de control con la del grupo experimental, se observa que los resultados del grupo de control están en torno a una calificación de suficiente (media de todos los cursos = 5,94) mientras que los del grupo experimental se encuentran en torno a una calificación de notable (media de todos los cursos = 8,11).

Si observamos el gráfico 10, las calificaciones por cursos académicos destaca la diferencia en todos los cursos académicos, obteniendo una mayor calificación los estudiantes del grupo experimental: en el curso 2016-2017, la diferencia es de 1,33 puntos; en el curso 2017-2018 es de 2,35 puntos; y en el curso 2018-2019 es de 2,80 puntos. Si consideramos las medias de todos los cursos, la dispersión entre el grupo de control y el experimental es de 2,17 puntos.

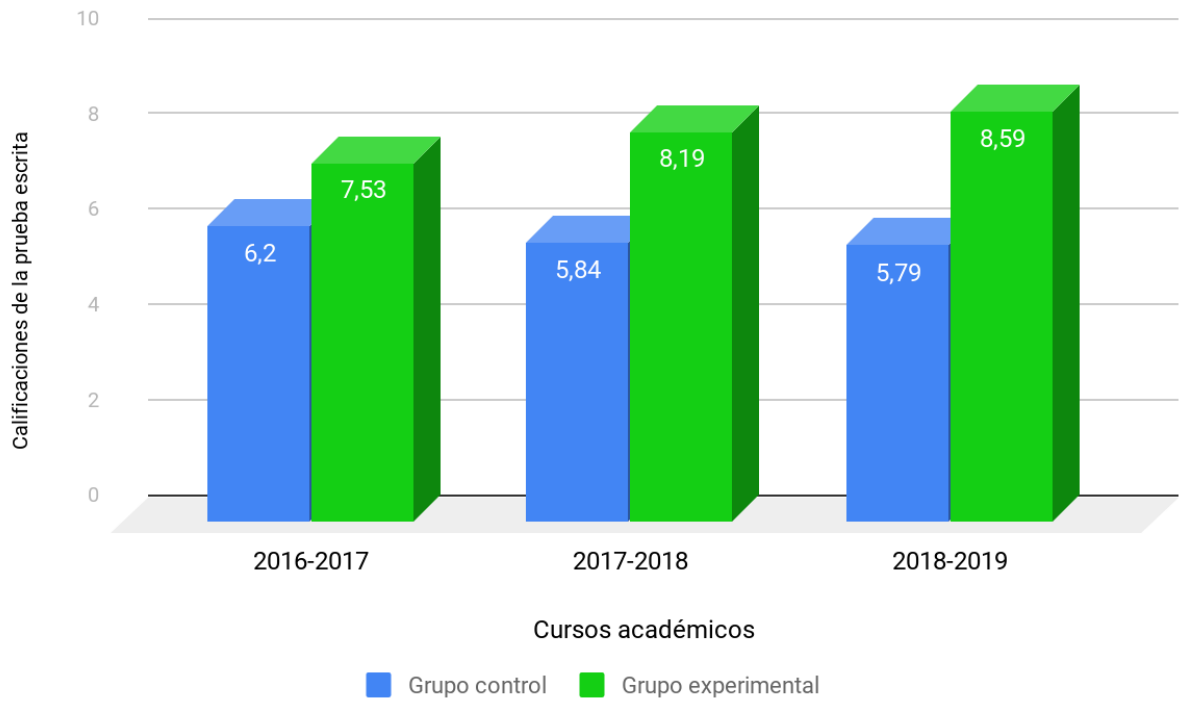


Gráfico 10. Comparativa de los resultados de la prueba escrita

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

Estableciendo una comparación entre la calificación de la segunda evaluación del grupo control con la del grupo experimental en la que se ha llevado a cabo este conjunto de experiencias. Se atisba que los resultados del grupo de control están en torno a una calificación de suficiente (media de todos los cursos = 5,77) mientras que los del grupo experimental se encuentran en torno a una calificación de notable (media de todos los cursos = 8,32).

Si observamos el gráfico 11, las calificaciones por cursos académicos destaca la diferencia en todos los cursos académicos, obteniendo una mayor calificación los estudiantes del grupo experimental: en el curso 2016-2017, la diferencia es de 1,52 puntos; en el curso 2017-2018 es de 2,64 puntos; y en el curso 2018-2019 es de 3,48

puntos. Si consideramos las medias de todos los cursos, la dispersión entre el grupo de control y el experimental es de 2,55 puntos.

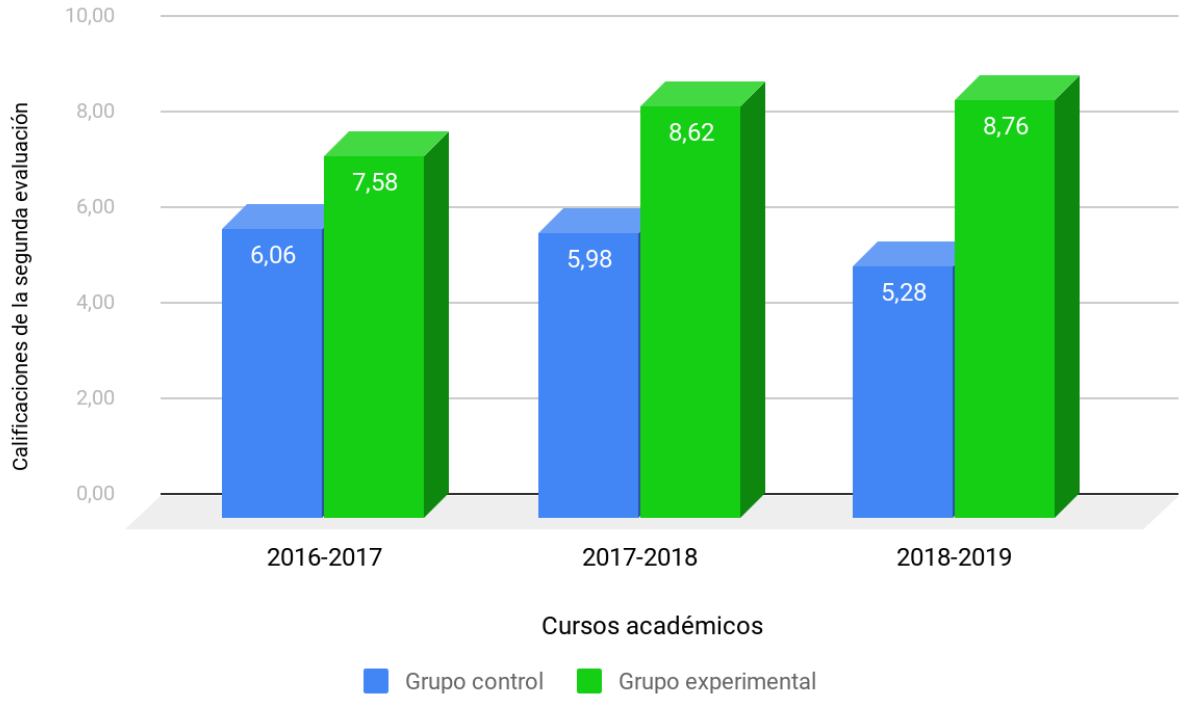


Gráfico 11. Comparativa de los resultados de la segunda evaluación

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

3.3 Intervención final: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país? ¿y nuestro barrio?

Se trata de recoger lo aprendido y se encamina al trabajo directo relacionado con la responsabilidad social de los ciudadanos, por lo que en ocasiones va paralela al bloque de actividades procesuales.

Se trata de una intervención denominada como final, porque es el diseño definitivo para integrar los geodatos procedentes de las IDE con la responsabilidad social, en relación con la consecución de las metas de cada uno de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Se desarrollará entre los meses de febrero a abril del curso 2017-2018. Después, se desarrolla de octubre a junio de los dos siguientes cursos académicos: 2018-2019 y 2019-2020.

3.3.1 Competencias a impulsar y estándares de aprendizaje trabajados

El estudiante a través de las diferentes actividades desarrollará competencias derivadas de la *sostenibilización curricular* (Murga-Menoyo y Novo-Villaverde 2014; Pellicer, 2018; Murga-Menoyo y Bautista-Cerro, 2019), entendida como tal en la acepción de Murga-Menoyo (2015) que no es educar sobre el desarrollo sostenible, sino para el desarrollo sostenible, como se señaló anteriormente. Se trata de incorporar los principios, valores y procedimientos del modelo de la educación para el desarrollo sostenible (Murga-Menoyo y Novo Villaverde, 2014) empleando los datos ofrecidos por los servicios IDE.

Los estándares de aprendizaje y competencias asignadas (Orden EDU/362/2015 de Castilla y León, 2015, *véase* Anexo II) que los estudiantes adquirirán al finalizar este proyecto anual son:

- Localiza en un mapa mundial los continentes y las áreas más densamente pobladas (CSC, CAA, CD, CMCT).

- Sitúa en el mapa del mundo las veinte ciudades más pobladas, deduce a qué país pertenecen y explica su posición económica (CAA, CD).

- Explica el impacto de las oleadas migratorias en los países de origen y en los de acogida (CL, CAA).

- Elabora gráficos de distinto tipo (lineales, de barra y de sectores) en soportes virtuales o analógicos que reflejen información económica y demográfica de países o áreas geográficas a partir de los datos elegidos (CAA, CD, CMCT).

- Compara la población activa de cada sector en diversos países y analiza el grado de desarrollo que muestran estos datos (CL, CAA, CD).

- Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras y consumidoras de energía del mundo (CSC, CAA, CD).

- Localiza en un mapa a través de símbolos y leyenda adecuados, los países más industrializados del mundo (CAA, CD).

- Realiza un informe sobre las medidas para tratar de superar las situaciones de pobreza (CL, CAA, CSIEE).

- Señala áreas de conflicto bélico en un mapamundi y las relaciona con factores económicos y políticos (CSC, CAA).

- Define "desarrollo sostenible" y describe conceptos clave relacionados con él (CL, CAA).

En este proyecto se pretende que los estudiantes adquieran las competencias básicas clave, señaladas en los citados estándares anteriormente (LOMCE, 2015), que se

relacionan a su vez con las competencias de la UNESCO (Murga-Menoyo, 2015) y los indicadores de logro propuestos (Tabla 16).

Tabla 16. Relación de las competencias básicas clave (LOMCE, 2015, Orden ECD/65/2015) y las marcadas por la UNESCO

COMPETENCIAS (LOMCE, 2015)	Competencias UNESCO	Indicadores de logro
Competencia Aprender a Aprender Competencia sociales y cívicas	Análisis crítico	Interrogarse sobre aspectos geográficos (preguntas geográficas) Identificar problemas de cualquier tipo relacionado con el territorio Proponer alternativas de mejora Realizar una crítica constructiva sobre el aspecto observado
Competencia básica en matemática y en ciencia y tecnología Competencia Aprender a Aprender	Reflexión sistémica	Comprender la realidad, a nivel global y local Interrelaciones entre valores, actitudes, conocimientos, etc. Comprender y reflexionar sobre las causas de los fenómenos, hechos y problemas
Competencia en sentido de iniciativa y espíritu emprendedor	Toma de decisiones colaborativa	Poner en práctica habilidades de liderazgo y reparto de roles Participación de todos los miembros del equipo de trabajo Habilidades comunicativas para persuadir o convencer de los argumentos
Competencia Digital Competencias sociales y cívicas	Sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras	Comprender los efectos o consecuencias que un hecho puede tener a corto y largo plazo Comprender las consecuencias de comportamientos inapropiados y que afectan al presente y futuro de la Tierra Cuidar las relaciones intra e intergeneracionales Contribuir al cambio por la sostenibilidad, adoptando alternativas y proponiendo posibles soluciones a distintas escalas: una más cercana ¿qué puedo hacer yo? Y otra más global ¿qué debería hacerse?

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero a partir de Álvarez-Otero y Lázaro-Torres (2018).

3.3.2 Objetivos de investigación

Educar para los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) empleando la IDEE y comprobación de la hipótesis 3.

Diseñar actividades que tengan presente la consecución de las metas propuestas en cada Objetivo de Desarrollo Sostenible, para ello es necesario que un ciudadano responsable con su entorno emplee datos abiertos provenientes de los servicios que las IDE aportan.

Comparar los resultados finales del grupo de control y el grupo experimental en donde se ha llevado a cabo la intervención de aula.

3.3.3 Descripción de la actividad, curso al que va destinada y muestra empleada

La actividad consiste en la realización de un portfolio relacionado con los ODS a lo largo de varios cursos académicos (Tabla 17).

El primer año de la actividad queda recogida en la publicación Álvarez y Lázaro (2018) (n=33) y se llevó a cabo el curso 2017-2018 entre los meses de febrero y abril de 2018, se trabajan los Objetivos de Desarrollo Sostenible 1 y 2 (Fin de la pobreza y Hambre cero) y se emplea la escala local. El barrio del Instituto de Educación Secundaria Obligatoria de Ávila tiene unas condiciones muy favorables para diseñar este tipo de transformaciones socioeconómicas. Las conclusiones obtenidas en el primer curso de su aplicación, hicieron necesaria su implementación en los dos siguientes cursos (2018-2019 y 2019-2020), concebidas como un proyecto anual, es decir para ser desarrolladas a lo largo de todo el curso académico (*véase* planificación y diseño en el anexo XVII). En ellas se trabajarán los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible empleando escalas locales, regionales y globales.

Tabla 17. Muestra de estudiantes en la experiencia: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país?, ¿y nuestro barrio?

Curso académico	Varones	Mujeres	Muestra	% Varones	% Mujeres	ODS abarca	Escala
2017-2018	13	20	33	39,39%	60,61%	1 y 2	Local
2018-2019	37	35	72	51,39%	48,61%	Todos	Local - Global
2019-2020	31	36	67	46,27%	53,73%	Todos	Local - Global
Total	81	91	172	47,09%	52,91%		

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

3.3.4 Objetivos de aprendizaje

- Profundizar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible empleando los geodatos obtenidos de los servicios IDEE y su presentación en una SIG Web, así como en la necesidad de contribuir a su consecución.

- Representar en un mapa de ArcGIS Online una situación informada, formular preguntas sobre la misma y comunicar aquellas acciones de mejora a los problemas del mundo, de su región y de su localidad, y llevar a cabo alguna de ellas.

- Desarrollar competencias relacionadas con el trabajo colaborativo y cooperativo en el aula que respondan a una ciudadanía responsable y sean trasladables a la vida cotidiana.

3.3.5 Método

El método de aula para este proyecto anual es una programación de todas las unidades didácticas relacionadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (*véase* en Anexo XVII).

Se comienza realizando un cuestionario (Anexo XVIII) con preguntas relacionadas con los ODS, la responsabilidad social y la filosofía de cumplir la Agenda 2030. Los resultados de este cuestionario inicial se pueden observar a continuación (Tabla 18):

Tabla 18. Resumen de los resultados del cuestionario inicial realizado en el aula desde el curso 2017-2018 al 2019-2020 en la herramienta Kahoot

	Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Curso 2019-2020		
Cuestiones	**Respuesta correcta (%)**	**Respuesta incorrecta (%)**	**No saben / No contestan (%)**	**Respuesta correcta (%)**	**Respuesta incorrecta (%)**	**No saben / No contestan (%)**	**Respuesta correcta (%)**	**Respuesta incorrecta (%)**	**No saben / No contestan (%)**
¿Qué son los ODS? (en inglés SDG)	81,82	18,18	0	84,72	15,27	0	83,58	16,41	0
¿Cuál es la institución preocupada por los ODS?	21,22	78,78	0	20,83	79,16	0	19,40	80,59	0
¿Cuál es la filosofía de los ODS?	51,52	48,48	0	52,78	47,22	0	50,75	49,25	0
¿Sabes cuál es la nueva fecha para lograr los ODS?	12,12	87,88	0	12,50	87,50	0	11,94	88,05	0
¿Cuántos ODS hay para este nuevo período 2015-2030?	12,12	87,88	0	13,88	86,11	0	11,94	88,05	0
¿Qué objetivos de los siguientes están incluidos para la Agenda 2030?	72,73	27,27	0	77,77	22,22	0	76,12	23,88	0

¿Crees que tú, como estudiante, podrías transformar el mundo?	51,52	3,03	45,45	52,78	2,78	44,44	52,24	2,98	44,78

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero.

La mayoría de los estudiantes en los sucesivos cursos académicos conocen las siglas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) (81,82 %; 84,72 %; 83,58 %, respectivamente), lo que se puede atribuir a la información aportada por los medios de comunicación a través de diferentes canales de comunicación y redes sociales, cuyo hecho es reconocido por los estudiantes al mostrar los resultados del cuestionario. Si bien, no habían recibido formación en una aplicación sistemática, como la que nos ha ocupado en esta acción docente.

Si analizamos en detalle el cuestionario (Anexo XVIII), se observan los siguientes hechos:

- En cuanto a la filosofía de los ODS, en todos los cursos académicos aproximadamente la mitad de los estudiantes (51,52 %; 52,78 %; 50,75 %, respectivamente) intuían cuál era (*"Transformar nuestro mundo desde cualquier parte del mundo"*).

- La fecha de consecución y el número de los ODS son datos bastante desconocidos por los estudiantes, con porcentajes cercanos al 90% de no conocer dichos datos.

- Es curioso que cuando se les muestran todos los ODS, en torno a un 70-75% de los estudiantes aciertan en la mayoría de ellos. Este hecho quizá se da gracias a la relación que ellos mismos establecen entre la filosofía de los ODS y cuáles pueden ser.

- Por último, en la cuestión sobre cómo ellos se ven, como estudiantes, frente a estos retos, sólo el 51,52 % en el curso 2017-2018, el 52,78 % en el 2018-2019

y el 52,24 % en el 2019-2020 se sienten capaces de llevar a cabo acciones para transformar el mundo. Es importante valorar que también el 45,45 % en el 2017-2018, el 44,44 % en el 2018-2019 y el 44,78 % en el 2019-2020 no saben o no se sienten capaces de llevar a cabo dichas acciones. Por último, sólo un 3,03 % en 2017-2018, 2,78 % en 2018-2019 y 2,98 % en 2019-2020 no se ven capaces de realizar esta acción.

Resumiendo lo expuesto en el artículo de Álvarez y Lázaro (2018) de los ODS nº 1 y 2 (fin de la pobreza y hambre cero, respectivamente) se siguen aplicando los enfoques y estrategias pedagógicas siguientes:

- Enfoque *flipped classroom* o clase inversa, a través de la visualización vídeos de sensibilización con el tema a tratar de los ODS, integrado en la herramienta EdPuzzle (Figura 17), que permite introducir preguntas abiertas, verdadero-falso y elección múltiple. Después de la visualización, se realiza una lectura individual del ODS que corresponde a la unidad didáctica (esta correspondencia se puede consultar en el Anexo XVII).

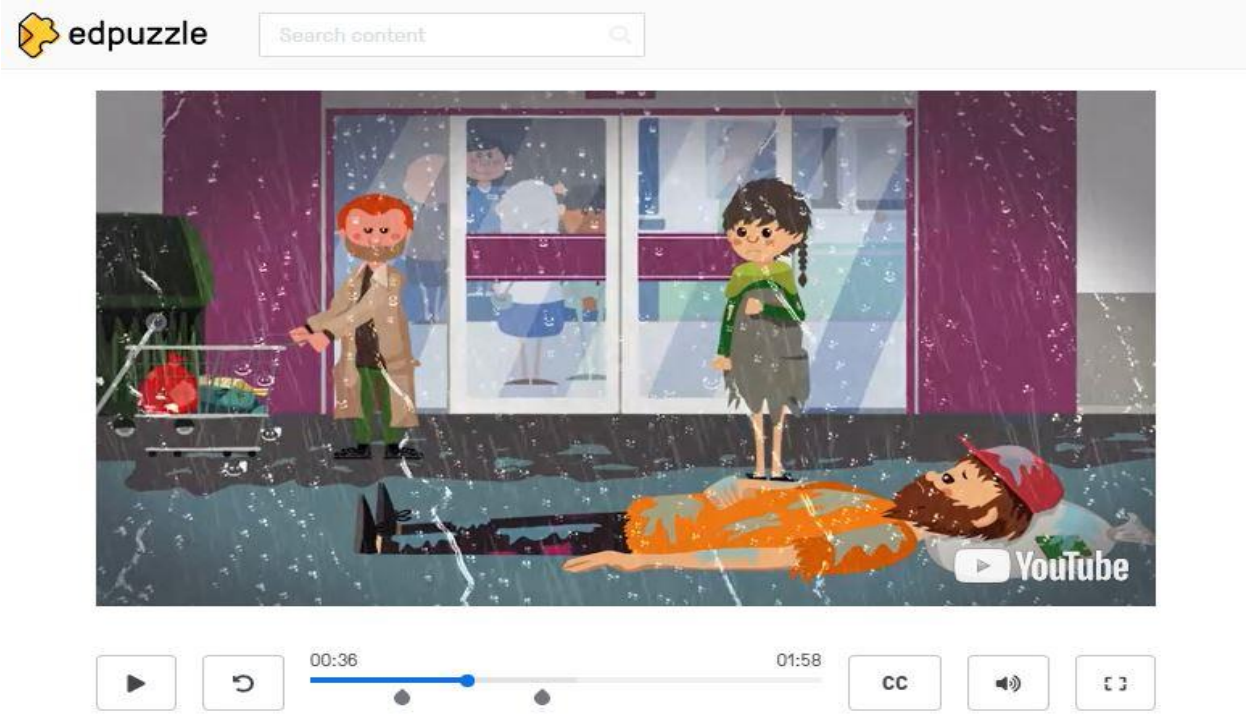


Figura 17. Ejemplo de un vídeo para la sensibilización de los ODS en la herramienta EdPuzzle

Fuente: ODS 3, Salud y Bienestar (UNESCO), disponible en: https://youtu.be/GdySQGTtNL4

- Aprendizaje cooperativo en grupos base de cuatro estudiantes, el cual deberá realizar las siguientes tareas en el aula de informática:
    - Creación de un mapa con la herramienta ArcGIS Online, integrando los geodatos de los servicios IDE que nos ofrecen web o repositorios virtuales fiables y gratuitos (*véase* Figura 18).
    - Se les recomienda una serie de servicios IDEE teniendo como criterio la fiabilidad del geodato a consultar, como hemos comentado en la parte de del estado de la cuestión.
    - Tras la revisión y corrección de los mapas, los estudiantes analizan y comentan su mapa siguiendo el siguiente esquema:
        - Introducción: comentario breve de los datos representados

- Análisis de los datos
- Conclusiones: actuaciones de mejora para resolver ese problema o situación

Por último, cada grupo prepara una reflexión y unas preguntas "inteligentes" (*smart questions*) para el debate sobre el tema del que hemos tratado en el ODS.

- El portavoz de cada grupo es el responsable de exponer la reflexión en grupo y proponer las preguntas y posibles soluciones a escala local y a escala global.
- El secretario se encargará de recoger las preguntas que otros grupos base realicen.
- El coordinador establecerá las tareas de cada uno y dará las indicaciones pertinentes al resto de roles.
- El moderador controlará el tiempo de intervención y de réplica (máximo de 2 minutos cada intervención) así como el ambiente de debate y respeto entre sus compañeros.

Todas las actividades realizadas de cada uno de los ODS quedarán por escrito y editadas en un portfolio, en el que se recogerán los siguientes objetos:

- Mapa web cooperativo con las variables relacionadas con los ODS que integren geodatos de los servicios IDE (Figura 18).
- Informe con la propuesta de alternativas para colaborar en la consecución de los ODS. Análisis y comentario de las situaciones que están representadas en el mapa, que integren una reflexión sobre las causas y consecuencias que se derivan de los hechos cartografiados en ese mapa web (Anexo XIX).
- Propuesta de acciones de mejora, a escala local y global (Anexo XIX). Preguntas para el debate.

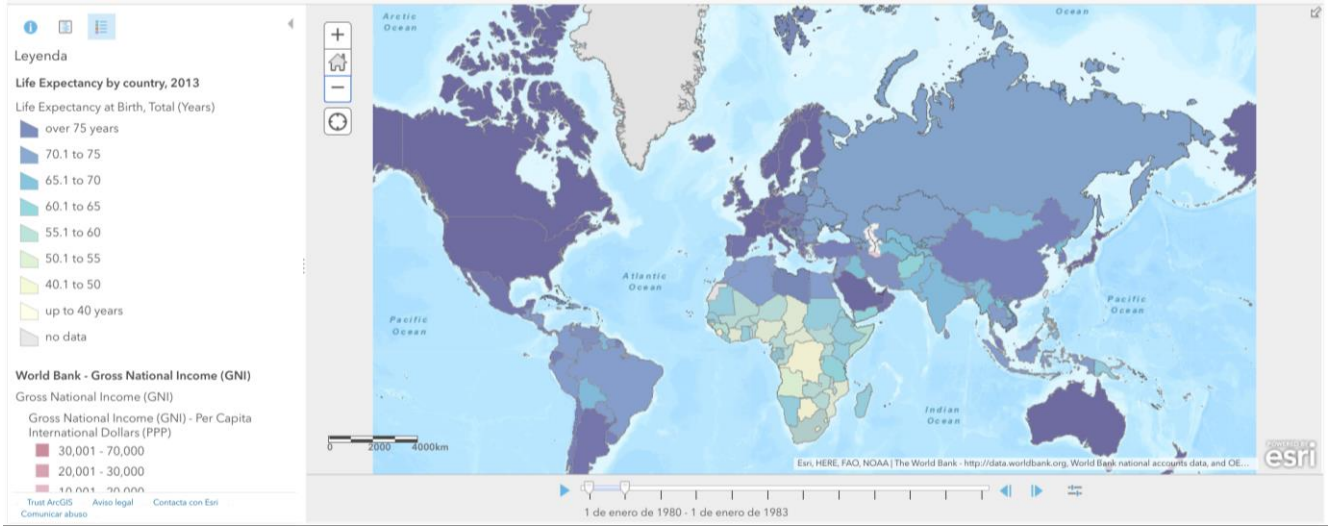


Figura 18. SIG Web de una variable relacionada con los ODS 3 y 4 (Salud y bienestar y Educación de calidad)

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero y estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. en el curso 2018-2019.

En la anterior secuenciación de las actividades se muestra el caso de los ODS 3 y 4 (Salud y Bienestar y Educación de calidad). Primero vieron los vídeos propuestos en la herramienta EdPuzzle (Figura 17). Después realizaron diferentes SIG Web (Figura 18) que les sirvieron de análisis y comparación de variables que guardan relación con los ODS. Por último, los estudiantes proponen acciones de mejora que debaten a través de las preguntas que han elaborado, entre muchas alternativas, destacan: a nivel global, la puesta en marcha de grupos de investigación más globales para erradicar enfermedades en aquellos países en vías de desarrollo, y a nivel local, realizan una carta con una serie de medidas posibles para mejorar el Complejo Asistencial Hospitalario de Ávila que envían a la gerencia (Anexo XX).

3.3.6 Resultados de la evaluación del alumnado (grupo experimental)

La evaluación es continua, con las modalidades de formativa (heteroevaluación y coevaluación) y sumativa (prueba final). Así, para analizar los datos se han tenido en cuenta las calificaciones obtenidas en la asignatura de Geografía de 3º ESO (Tabla 19):

- Heteroevaluación (Het. Ev. en tabla 19) de los test de la herramienta EdPuzzle durante la visualización del vídeo y la reflexión individual del ODS, como una observación directa del profesor.

- Coevaluación (Coev. en tabla 19) del trabajo cooperativo, atendiendo al cuaderno de equipo diario (Anexo XI) y una lista de chequeo con la escala Likert (Anexo XII) para valorar el proceso del trabajo en equipo. Ambos documentos entregados a los estudiantes al iniciar el proyecto.

- Prueba final (PF en tabla 19): al finalizar el proyecto anual, el estudiante deberá realizar una prueba competencial escrita (Anexo XXI), con ayuda de un dispositivo, que consiste en realizar una SIG Web integrando los datos procedentes de los servicios IDE mostrando las realidades observadas con uno o varias capas (*layers*) de indicadores que se relacionen con uno o varios ODS, justificando su elección. De este modo, después del análisis de esas variables, propondrá un conjunto de actuaciones de mejora a escala local, regional y/o global.

Tabla 19. Calificaciones medias de cada tipo de evaluación del proyecto anual

	Curso 2017-2018			Curso 2018-2019			Curso 2019-2020			Media total		
	Het. Ev	Coev.	PF	Het. Ev	Coev.	PF	Het. Ev	Coev.	PF	Het. Ev	Coev.	PF
Media general	7,83	7,42	7,07	7,68	7,95	7,35	7,75	7,83	7,99	7,75	7,73	7,47

Media varones	7,39	7,32	7,05	7,67	7,86	7,07	7,48	7,78	7,85	7,51	7,65	7,32
Media Mujeres	8,26	7,52	7,09	7,68	8,04	7,62	8,01	7,87	8,12	7,98	7,81	7,61

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero

Analizando los datos obtenidos (Tabla 19), se observan los siguientes hechos:

- Los resultados de la heteroevaluación han obtenido de media general 7,75 puntos. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el curso 2017-2018, los estudiantes obtienen de media 7,83; en el 2018-2019 consiguen 7,68; y en el 2019-2020 alcanzan 7,75.

- Los resultados de la coevaluación han obtenido de media general 7,73 puntos. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el curso 2017-2018, los estudiantes obtienen de media 7,42; en el 2018-2019 consiguen 7,95; y en el 2019-2020 llegan hasta los 7,83 puntos.

- Los resultados de la prueba final han obtenido de media general 7,47. Si realizamos un análisis por cursos académicos: en el curso 2017-2018, los estudiantes obtienen de media 7,07; en el 2018-2019 consiguen 7,35; y en el 2019-2020 alcanzan 7,99 puntos.

Estableciendo una comparación entre los resultados de los varones (V) y mujeres (M), se observa en el gráfico 12:

- En la heteroevaluación, la media total de los varones alcanzó los 7,51 puntos mientras que la media de las mujeres logró 7,98, cuya diferencia es de 0,47 puntos (Tabla 19). Si realizamos un análisis por cursos académicos (Gráfico 12): en el curso 2017-2018, la media de los varones (7,39) es un poco superior a la de las mujeres (7,32); en el curso 2018-2019 la diferencia es casi insignificante,

ya que la media de los varones es de 7,67 y la de las mujeres de 7,68; y en el curso 2019-2020, la media de las mujeres (8,01) es superior a la de los varones (7,48).

- En la coevaluación, la media total de los varones es de 7,65 puntos mientras que la media general de las mujeres es de 7,81, cuya diferencia es de 0,16 (Tabla 19). Analizando los datos por cursos académicos (Gráfico 12): en todos los cursos la media de las mujeres es algo superior a la de los varones: en el 2017-2018, la diferencia es de 0,20 puntos; en el 2018-2019, la diferencia es de 0,18 puntos; y en el 2019-2020, la diferencia es de 0,09.

- En la prueba final, la media total de los varones es de 7,32 puntos mientras que la de las mujeres les supera en 0,29 puntos (7,61) (Tabla 19). Si realizamos un análisis por cursos académicos (Gráfico 12): en el curso 2017-2018, la media de los varones es de 7,05 y la de las mujeres es de 7,09 puntos; en el curso 2018-2019, la media de los varones es de 7,07 y la de las mujeres de 7,62 puntos; y en el curso 2019-2020, la media de los varones es 7,85 y la de las mujeres 8,12 puntos.

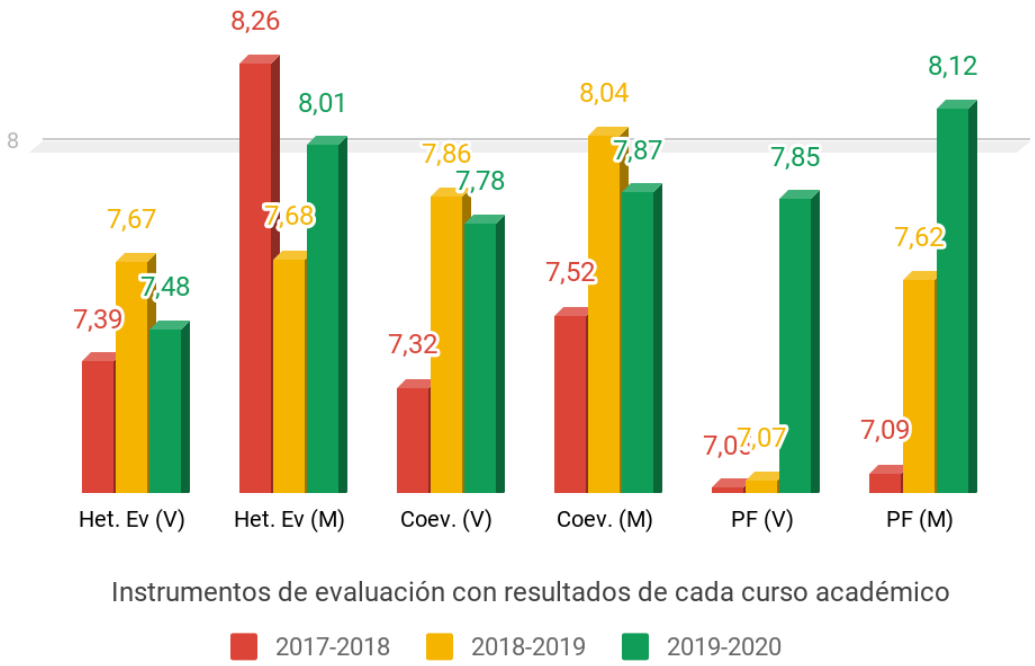


Gráfico 12. Resultados de varones y mujeres en los tipos de evaluación aplicados al proyecto final

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero.

3.3.7 Resultados de investigación entre grupo de control y experiencial

Si realizamos una comparativa entre la nota final de la asignatura de Geografía de 3º ESO en el grupo control (n=448) con el grupo experimental en el que se han aplicado todas las actividades presentadas anteriormente, se observan las siguientes diferencias (tabla 20):

- En el curso 2017-2018 el grupo control obtuvo una media de 6,05 mientras que el grupo experimental alcanzó una media de 7,44, cuya diferencia es de 1,39.
- En el curso 2018-2019 el grupo control obtuvo una media de 5,57 mientras que el grupo experimental consiguió una media de 7,42, cuya diferencia es de 1,85.
- En el curso 2019-2020 el grupo control alcanzó una media de 5,67 mientras que el grupo experimental obtuvo una media de 7,85, cuya diferencia es de 2,18. En

este curso se debe contemplar la situación de pandemia global que afectó al sistema educativo. Aun así, se valoran positivamente los resultados de ambos grupos, aunque el sistema tuvo que adaptarse a las clases virtuales, no en como en anteriores ocasiones (cursos 2017-2018 y 2018-2019) donde todo se llevó a cabo en clases presenciales.

Tabla 20. Resultados de la calificación final del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE)

	Curso 2017-2018		Curso 2018-2019		Curso 2019-2020		Media total de cursos	
Tipo de grupo	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**	**GC**	**GE**
Nota Final	6,05	7,44	5,57	7,42	5,67	7,85	5,76	7,57

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez-Otero

4 DISCUSIÓN GLOBAL DE LOS RESULTADOS

La discusión global de los resultados se expone en cuatro bloques, uno por cada una de las hipótesis. Así el primero hará referencia al grado de conocimiento sobre IDE que tienen los profesores de secundaria, el segundo se relaciona con el grado de idoneidad del empleo de los geodatos ofrecidos por los servicios de las IDE en las aulas de Geografía, es decir, responde a la hipótesis sobre la mejora del conocimiento territorial del alumnado con los geodatos de los servicios IDE, el tercero se centra en las intervenciones de aula que ha sido necesario diseñar para conseguir el objetivo anterior que conlleva la adquisición de competencias digitales, espaciales y sociales. Y el último, que integra en un modelo docente el empleo de los datos IDE para impulsar la responsabilidad social. Así, para que un profesor deba emplear las tecnologías expuestas, deberá tener una formación específica, por lo que se propone un modelo formativo para el docente propio, resultado de toda la investigación realizada.

4.1 Grado de conocimiento sobre IDE de los profesores de secundaria

La tesis comienza valorando el grado de conocimiento de las IDE que tienen los profesores de secundaria (Hipótesis n.º 1), ya que se defiende en ella la validez y utilidad de las mismas.

Tabla 21. Docentes y futuros docentes encuestados que desconocen qué es una IDE

AÑO, LUGAR	NÚMERO DE ENCUESTADOS	Porcentaje de encuestados que desconocen qué es una IDE %
2017, III Encuentro de Docentes de Ciencias Sociales (Mérida)	125	96,8 %
2017, Curso de verano UNED Mérida	15	80 %
2016, 2017, 2018 y 2019, Institutos de Educación Secundaria en Ávila	105	99 %
	245	**96,7 %**

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez Otero

Para ello se realizaron varios cuestionarios en distintos ámbitos educativos, con los resultados siguientes (Tabla 21):

- El cuestionario respondido por los asistentes (n=125) al III Encuentro de Docentes de Ciencias Sociales celebrado en Mérida el 18 de febrero de 2017, tan sólo cuatro docentes conocen las IDE, mientras que el 96,8 % desconocen este recurso.

- El cuestionario respondido por los profesores de secundaria (n=15) que asistieron al curso de verano organizado en la UNED Mérida "Estrategias para el conocimiento geoespacial en enseñanza secundaria" (10-12 julio 2017). De 15 encuestados, sólo tres dicen conocer las IDE al principio del curso, e incluso son capaces de decir que se trata del Portal de Infraestructuras de Datos Espaciales de España, de una Plataforma que provee de datos de IG y servicios, actualizados y de calidad y que la Infraestructura de datos espaciales de España contiene coberturas de información geográfica estandarizada. Al finalizar el curso, todos los asistentes al mismo no sólo afirmaron conocer las IDE, excepto dos de ellos, sino que fueron capaces de dar una buena explicación sobre ellas.

- Los cuestionarios al profesorado del área de Geografía e Historia de diferentes institutos de Educación Secundaria de Ávila (n=105), el 99 % de éstos desconocían las IDE y su término les resulta extraño, tanto la abreviatura como el propio término.

En resumen, podemos afirmar que un 96,7 % de los profesores o futuros docentes no conocen las IDE o no han oído hablar de ellas. Estos resultados no difieren de estudios realizados por otros autores en diversos ámbitos docentes en los que también se ha constatado la falta de uso de los datos abiertos en la actividad académica y el desconocimiento de estos por parte de algunos de los docentes universitarios (Rivas-Rebaque, Gertrudix-Barrio & de Cisneros de Britto, 2019). Los mismos autores consideran también necesario una formación orientada a desarrollar el pensamiento crítico que el empleo de datos abiertos y de primera mano facilita, siendo un elemento esencial.

El desconocimiento de las IDE, se extiende a las tesis doctorales, trabajo fin de máster y aportaciones a congresos que emplean datos y experiencia de usuarios, y las que emplean las TIC en la docencia. Por poner un ejemplo, se ha observado que en el congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles de 2017 (AGE, 2017) sólo dos comunicaciones de las doscientas ochenta y tres aportaciones hablan de la IDEE como fuente de información geográfica (Martínez-Cebolla *et al.*, 2017; García Paredes, 2017).

Ninguna de las tesis doctorales enfocadas a la docencia de las TIC siguientes cita de forma explícita las IDE (Tabla 22). En la base de datos TESEO, se encontraron sólo dos tesis docentes con la mención explícita de las IDE, como son: Álvarez (2011) que no hace referencia específica a la Enseñanza Secundaria, sino a la Universitaria; y González (2012), la cual dice que se puede aprovechar para la docencia, sin ser una tesis docente.

Tabla 22. Tesis doctorales consultadas enfocadas a las TIC

Autor	Titulo Tesis Doctoral	Año de lectura	Fuente / especialidad	Geotool / Pedagogy
Melo Hernández, Myriam	La integración de las TIC como vía para optimizar el proceso enseñanza-aprendizaje en la educación superior en Colombia	2018	Universidad de Alicante	TIC a TPACK
Boulahrouz Lahmidi, M.	Aprendizaje móvil y ciudadanía espacial en la educación para el desarrollo sostenible. Una propuesta para la enseñanza de las ciencias sociales en educación secundaria obligatoria.	2018	Universidad de Girona	ODS, SIG, m-learning
Díaz Serrano, José	Caracterización de los estilos de enseñanza y de aprendizaje en Geografía: un avance hacia su inclusión en las aulas de Secundaria	2018	Universidad de Murcia	SIG (secundaria) ODS
Montes Galbán, Eloy	Proyecto de Tesis Doctoral: Diagnóstico socio-educativo de los municipios de la cuenca del río Luján. Análisis espacial con Sistemas de Información Geográfica	2017	Universidad Nacional del Nordeste,	SIG
Nieto Barbero, Gustavo	Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la geografía de la educación secundaria. Un estudio de caso en Baden-Württemberg, Alemania.	2016	Univ. Barcelona/ Didáctica CC. Sociales	Desktop SIG/ SIG Web y SIG móvil
De Miguel González, Rafael	La innovación didáctica en la enseñanza -aprendizaje de la Geografía en Educación Secundaria	2015	Universidad de Valladolid	SIG

Morales Capilla, Marina	Percepción del profesorado y del alumnado de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Granada acerca de la utilización de las TIC por parte del profesorado universitario y su integración en el proceso de enseñanza-aprendizaje.	2014	Universidad de Jaén Dpto Pedagogía	TIC
Naiara Vicent	Evaluación de un programa de educación patrimonial basado en tecnología móvil	2013	Universidad del País Vasco	Tecnología móvil
Murillo Sosa, Linay Yuderkys	Didáctica de la Geografía y las nuevas tecnologías.	2011	Univ Rovira i Virgili/Pedagogía	TIC teoriza

Fuente: Elaborada por Javier Álvarez Otero.

También se valoró el empleo de las IDE por parte de los docentes de la UE, con la información aportada en el informe elaborado en el proyecto europeo Digital-Earth (Kotsev, Filipov y Donert, 2012), que expone la gran dispersión en la información geográfica entre los países europeos, considerando que es algo a implementar, hablan del horizonte 2019 aconsejando una IDE europea común en el marco de la directiva INSPIRE, no sólo de utilidad para los gobiernos, sino para buscar la significación de los geodatos dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Algo sin resolver, aunque se sigue trabajando en ello impulsada por el hecho de considerar a la información geográfica como necesaria para una buena gobernanza. Por tanto, es importante especificar cómo puede ser adquirida, usada, sin olvidar las posibilidades de retroalimentación derivadas de una necesaria transparencia.

En el mismo informe se afirma que en Austria la Directiva INSPIRE no ha llegado al sector educativo, debido a que los profesores no son conscientes de impulsar actividades con estas herramientas. Únicamente se emplea en cursos específicos en la Universidad. Tienen la esperanza de que el geoportal nacional (Geoland.at) impulse su empleo a nivel nacional, ya que de momento su desarrollo ha sido provincial. Piensan que un manual de uso ayudaría a un mejor empleo. Estas mismas conclusiones se

esgrimen para el caso de Bulgaria.
Para el caso de Estonia, el profesorado más que los geoportales de las IDE, todavía con datos muy fragmentados, emplean los datos de *Google Earth*, *Google Maps*, y ArcGIS Online de ESRI.

Finlandia muestra un plan de difusión de los datos de las IDE que piensan emplearán en las competencias de educación, integrando los mapas y los servicios de datos espaciales en el currículum, con ello pretenden mejorar las competencias y habilidades de profesores y alumnos en geodatos. Lo que hoy es el consolidado proyecto Paikka-Oppi, coordinado por Sana Makï, que en una entrevista informal por correo electrónico, afirmaba que la única forma posible de crear y mantener esta plataforma educativa era emplear la IDE nacional por las ventajas en su actualización automática y la calidad de los datos ofrecidos y actualizados por el organismo responsable de los mismos en cada caso. Es un programa específico para la enseñanza secundaria. En el informe citado se habla también de PalTuli, como herramienta para los niveles universitarios. Con esta herramienta no solo es posible visualizar los datos, sino también descargar los datos que se considere oportuno al propio disco duro.

Alemania encontró una barrera a INSPIRE en su estructura federal (16 estados y 13.000 municipios), para homogeneizar los metadatos y los geodatos en el GDI-DE. Por tanto, está siendo difícil aplicarlo a la docencia secundaria.

Grecia ha creado un geoportal (geodata.gov.gr) con descargas directas que no lo emplean los profesores.

En los Países Bajos se han elaborado algunas lecciones de geografía sobre el propio país, sobre China y EE.UU. centradas en el portal de EduGIS, este portal educativo facilita el empleo de Google Earth, QGIS y ArcGIS Online con una parte específica de materiales escolares, pero no tenemos datos del posible empleo de las IDE del portal oficial Geonovum.

En el Reino Unido, en 2012 todavía en la UE, las IDE se emplean en los estudios universitarios de Ciencias Sociales. La Ordnance Survey (OS) es la responsable de su

geoportal data.gov.uk y a su vez la OS contiene materiales escolares relacionados con la cartografía, pero no directamente con las IDE.

Este completo estudio, más que por su aportación de la realidad de cada país en sí es importante por su valoración de las IDE para la docencia, en la que considera que pueden tener un impacto positivo en la educación paneuropea, serán de utilidad a la agenda digital europea ya que permitirán la mejora de la comprensión de los estudiantes sobre el territorio, favorecida por la transparencia y la interoperabilidad de los datos que deberían estar integrados en los materiales educativos.

El geoportal de la UE, https://inspire-geoportal.ec.europa.eu/ ofrece los datos por países, especialmente los relacionados con el medio ambiente, que no entienden de fronteras. Las capas temáticas se pueden obtener por descarga directa, y aunque están todos los países de la UE, la descarga es por países. Sin embargo, la Agencia Espacial Europea si permite la descarga de capas de datos temáticos que generalmente abarcan toda la UE. Es necesario un geoportal de más sencillo manejo para su empleo en las aulas.

Existe un proyecto europeo *European Location Framework* que pretende generar una plataforma de servicios INSPIRE con datos oficiales de distintas instituciones europeas, se está trabajando, por ejemplo en unificar los geodatos de todos los países de la UE en una sola aplicación que pueda ser empleada, por ejemplo en el catastro europeo.

Con todo ello podemos concluir que, a pesar de los crecientes esfuerzos institucionales, las buenas prácticas de integración de las IDE y la educación no universitaria son inexistentes en la UE, salvo algunos casos aislados, como los ya citados en uno de los artículos escritos para esta tesis (Álvarez y Lázaro, 2019), como son: Paikka-Oppi, en Finlandia; algunas plataformas educativas de IDE regionales como Aragón y Extremadura. Todo esto nos hace ver el vacío existente entre el potencial de las IDE en educación y la realidad cotidiana de las aulas y también en los retos que se presentan en relación a la formación inicial y continua del profesorado.

4.2 Grado de idoneidad del empleo de los geodatos ofrecidos por los servicios de las IDE en las aulas de Geografía.

Se ha investigado si sería útil emplear las IDE en la enseñanza secundaria (Hipótesis n.º 2), para ello se ha aplicado la técnica Delphi, cuyos resultados muestran un consenso de que es idóneo su empleo, a pesar de las dificultades técnicas, que ya apuntaban Kotsev, Filipov y Donert (2012), lo que nos da un indicador del escaso avance en la mejora de las barreras tecnológicas. Los resultados del Delphi señalan tímidos avances y experiencias de aula que emplean de forma más o menos consciente las IDE y la educación, posibilitadas por la existencia en la mayoría de los centros de una conexión a Internet adecuada y suficiente, bien por cable en las aulas de informática o por Wi-Fi.

Se aconsejan cuatro líneas de acción (Álvarez y Lázaro, 2019):

- En relación a la sociedad en general, preparada tecnológicamente, es posible sacar un mayor partido de las IDE.

- En relación a la importancia de los datos, para cuya adquisición, almacenamiento, visualización, análisis, interpretación, presentación y compartición es necesaria una formación, se observa que es posible aprender sobre el territorio con datos reales y de primera mano. Es importante además que los resultados de investigación también se compartan de forma accesible e interoperable, lo que una herramienta como las IDE ofrece. Llama la atención que el nivel de calidad del dato no se considere relevante en educación, en medio de la tantas veces citada revolución de los datos.

- En relación al impulso de iniciativas en proceso para las aulas de enseñanza secundaria, aunque los docentes dicen conocer su potencialidad, muchos emplean visores , como Iberpix o CartoCiudad, globos virtuales como Google Earth (otras herramientas de Google que no tienen funcionalidades que permitan integrar los geodatos que las IDE ofrecen) o la SIG Web de ArcGIS Online, que sin que ellos sean conscientes se nutren de los geodatos de las IDE evitando los problemas de usabilidad de la herramienta. Las intervenciones en

el aula diseñadas empleando la SIG Web de ArcGIS Online, han tenido resultados muy satisfactorios.

- En relación a la formación del profesorado, pieza clave para sentar la base de todo el proceso, y muy relacionada con el diseño curricular, se considera necesario proponer un plan de formación del profesorado, ya que ha demostrado un escaso conocimiento de las IDE. Se podría aprovechar el marco de las competencias tecnológicas docentes impulsadas desde la Unión Europea (DigComp, 2016; Comisión Europea, 2017; INTEF, 2017; Kluzer y Pujol, 2018), los Másteres de Formación del Profesorado y la propia actitud del profesor, que es cada vez menos reticente a la integración de la tecnología en las aulas. Un profesorado formado en IDE integrará de forma natural sus ventajas en las aulas docentes como un recurso más, favoreciendo así métodos docentes activos y colaborativos, como se verá a continuación con los ejemplos de aula desarrollados.

Los resultados de la aplicación de la técnica Delphi han permitido constatar que los panelistas coinciden en que la información que ofrecen las IDE (real, de calidad, actualizada, interoperativa y accesible, desde cualquier lugar y en cualquier momento de forma gratuita), puede ayudar a una mejor comprensión de los temas territoriales por parte del estudiante.

4.3 La responsabilidad social del alumnado desarrollando competencias digitales, espaciales y sociales mejora tras las intervenciones en el aula empleando geodatos procedentes de las IDE.

El objetivo de fomentar el conocimiento de las IDE como recurso y su empleo para mejorar el conocimiento territorial, ha impulsado el diseño de una serie de experiencias de aula que cumplan ese objetivo (Hipótesis n.º 3). Inicialmente se han empleado los visores del Instituto Geográfico Nacional que integran los datos de las IDE, por ejemplo, el Sistema de Información Geográfico Nacional de España (SignA) (Lázaro, Álvarez y González, 2015), nodo natural de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) y después, se ha empleado ArcGIS Online, SIG en la nube de sencillo manejo en su conexión con los servicios de geodatos de las IDE.

La elección de la plataforma de ArcGIS Online de ESRI ®, como se señaló anteriormente, está motivada por su facilidad de manejo (Lázaro, Izquierdo y González, 2016) y de acceso, a lo que hay que añadir el reciente programa para escuelas (https://colegios.esri.es/), que ofrece la herramienta gratuitamente a éstas.

Esta iniciativa, de buscar un método de trabajo empleando la metodología activa, se inicia en el Trabajo Fin de Máster de este doctorando titulado "Metodología colaborativa y TIC en las aulas de Geografía, Historia e Historia del Arte" (Álvarez, 2014a), realizado en el marco del Máster Universitario de Formación del Profesorado de Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato, especialidad de Geografía e Historia. Las estrategias pedagógicas sugeridas como el método indagatorio (Kerski, 2011; Favier, 2011; Favier y van der Schee, 2013; Bryant y Favier, 2015), el aprendizaje cooperativo y colaborativo (Johnson y Joshnson, 2003, Buzo Sánchez, 2015c), el modelo de la clase inversa o *flipped classroom* (Bergmann y Sams, 2012; Tourón, Santiago y Díez, 2014), el trabajo por proyectos o el aprendizaje basado en problemas o retos que la mayoría de los trabajos que emplean los SIG en la enseñanza aplican, como se señaló anteriormente (Spronken, 2005), tanto como Kerski (2003), ya varias veces citado,

como en experiencias ya citadas a lo largo de la tesis (Buzo Sánchez, 2014) o las más recientes como las de Hong (2017), Stonier (2015) o Millsaps y Harrington (2017), en las que también se emplea el modelo TPACK, han sido experimentados en la tesis, siguiendo un esquema riguroso de aplicación en el que al menos se incluyen los objetivos de la investigación para el diseño de la intervención, objetivos, método, resultados de aprendizaje y producto final que ha consistido en la elaboración colaborativa entre los estudiantes de distintos mapas web relacionados con la sostenibilidad siguiendo las pautas de una enseñanza activa, constructivista y crítica centrada en el estudiante, como agente involucrado en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje. Estos mapas han impulsado la comprensión geoespacial, las competencias digitales, el pensamiento crítico y otras competencias relacionadas con la responsabilidad social.

En este contexto se han diseñado una serie de intervenciones en el aula para demostrar que la integración de la geoinformación procedentes de las IDE es asequible en las aulas de secundaria con el empleo de SIG Web, ya que se facilita la comunicación del conocimiento territorial, su comprensión y además permite desarrollar competencias digitales. Se ha empleado la metodología investigación-acción, realizando una observación directa a través de la propia práctica docente empleando distintos tipos de medidas: cuestionarios de autoevaluación, coevaluación, exposiciones orales, entrevistas informales, satisfacción expresada por el alumnado o el trabajo de campo a través la SIG Web creada, como por ejemplo en el caso del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (Álvarez, Lázaro y González, 2018).

Las acciones seguidas han constatado de las siguientes acciones habituales de toda intervención en el aula: diseño, planificación, aplicación al aula y valoración de los resultados obtenidos.

La planificación ha supuesto elaborar el diseño de los materiales didácticos en relación a distintos temas relacionados bien con el medio natural o con las actividades que sobre él desarrolla el ser humano, empleando SIG Web y *story maps*. Por lo que ha sido necesario orientar en su elaboración y empleo.

La aplicación al aula ha consistido tanto en explicar a los estudiantes en qué consistía la secuencia de actividades programadas, como en el seguimiento para su correcta realización, con un resultado final de creación de un mapa web, que expresara la comprensión del contenido del tema tratado. La valoración del progreso de las actividades realizadas se ha hecho empleando un cuestionario inicial y otro final, o involucrando a los estudiantes en su proceso evaluativo (autoevaluación y coevaluación) para la evaluación del producto final realizado (SIGWeb o *story map*, y la propia retroalimentación aportada por los estudiantes, han permitido implementar la actividad y la difusión del trabajo realizado.

4.3.1 Los geodatos procedentes de los servicios de las IDE y la tecnología SIG Web son muy útiles en las aulas docentes

Se ha demostrado que es posible acercar las IDE a los estudiantes, y que éstos son capaces de sacar un buen rendimiento de las mismas. Se ha evidenciado que la aplicación de las IDE con el manejo, control, visualización, análisis e interpretación por parte de los estudiantes (proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España y los paisajes de Europa), o bien con la integración de los geodatos que ofrecen los servicios IDE en una SIG Web (proyecto de sensibilización medioambiental), mejoran el interés por el paisaje y la calidad de su análisis, es decir, su comprensión, así como el alcance territorial y social por parte de los estudiantes.

Algunos alumnos valoran los servicios que ofrecen las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y sugieren acciones de mejora:

- Los geodatos que necesitan para su estudio no están en la IDEE y quedan así sin visualizar algunos aspectos a estudiar en algunas ramas de la geografía, como por ejemplo, la geografía política, que se limita a los límites de cada región, provincia o comunidad autónoma, sin un volcado de servicios relacionados con las instituciones u organismos que se encuentran en España).

- La IDEE y las IDE deben mejorar su usabilidad, ya que los estudiantes han encontrado problemas en algunos enlaces a los datos que ofrecen las IDE.

Sin embargo, una vez los geodatos han sido visualizados, analizados e interpretados, los estudiantes valoran la gratuidad, actualización y fiabilidad de los servicios IDE y el conocimiento que aportan sobre el territorio y sobre cómo actuar en el mismo con el conocimiento adquirido. Los estudiantes y profesores que han realizado las intervenciones han afirmado que las IDE son una fuente de información más y han valorado positivamente el fácil manejo del SIG en la nube ArcGIS Online.

El empleo de una SIG Web exige enseñar previamente conceptos básicos de geografía (escala, orientación, coordenadas, latitud, longitud). Muchos de estos conceptos se recuerdan del área de Geografía e Historia de 1º de E.S.O., aunque cuando se comienza el curso académico se realiza una introducción amplia de todos estos conceptos, incluyendo algunas tecnologías (SIG de escritorio, SIG en la Nube, GPS, Google Maps, CartoCiudad, etc.).

La construcción de una SIG Web con los geodatos procedentes de las IDE ha sido una de las tareas en la que los estudiantes se han mostrado muy motivados e interesados, no sólo por el uso de la tecnología, sino por la resolución de muchas de las preguntas que se realizan sobre su entorno más cercano, y que se lleva hasta el más lejano. De ahí, que hayan valorado positivamente el manejo de una SIG en la Nube como ArcGIS Online.

Su empleo aplicado durante la salida didáctica al Parque Nacional Las Tablas de Daimiel es un acierto. Los estudiantes encontraron con facilidad las paradas marcadas en la SIG Web (Álvarez, Lázaro y González, 2018a).

Integrando los geodatos de la IDEE los estudiantes han adquirido un conocimiento científico (aprendizaje) de la ciencia geográfica y de la información geográfica (GIScience) (Petras *et al.,* 2015), y que más tarde, han pasado a la acción transformadora (servicio), realizando campañas de sensibilización medioambiental (Figura 12), organización de eventos deportivos en los que las entradas son recogida de alimentos, participar en el Banco de Alimentos, etc. La mayoría de ellas

contextualizadas en la consecución de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), sobre todo, a partir de aplicar la intervención final de temporalidad anual.

4.3.2 Es posible impulsar la responsabilidad social del alumnado como valor transformador a través del conocimiento de los indicadores de logro de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)

Integrando los geodatos de estos servicios IDE y relacionados con cada uno de los diecisiete Objetivos de Desarrollo Sostenible, se lleva a cabo un aprendizaje centrado por un lado, en el manejo e interpretación de la información geográfica en un visor cartográfico o en un SIG en la Nube (competencias digitales), y por otro lado, en los contenidos de la ciencia geográfica, utilizando los indicadores de logro de los ODS (competencias sociales) desde cualquier territorio (competencias espaciales).

Todos los resultados presentados justifican el hecho de que es posible educar para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y los valores relacionados con la responsabilidad social de los ciudadanos del siglo XXI sobre el territorio, realizando una transformación del propio individuo y de su entorno, dentro de una escala global-local (Murga-Menoyo, 2015) y desde un corto a un largo alcance temporal.

A partir de las intervenciones de aula procesuales y sobre todo en la intervención final, la sistematización y secuenciación temporal de las actividades han favorecido la concienciación y la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible en un entorno muy cercano y real a los estudiantes, como es el barrio y la ciudad en el que se han experimentado toda estas prácticas.

El desarrollo de este proyecto anual hace que se plantee una didáctica de los Objetivos de Desarrollo Sostenible integrando los datos que ofrecen los servicios IDE como el "arte de enseñar" y educar en la responsabilidad social sobre el territorio. Los estudiantes han puesto en práctica algunos de los aspectos aprendidos a través del

método propuesto: visualización, análisis e interpretación de los geodatos de las IDE en una SIG Web. Uno de los ejemplos es el que se narra a continuación: aprendieron aspectos relacionados con las industrias alimentarias (Figura 6, *IDEE: Industrias agroalimentarias*) integrando los geodatos de la IDEE: Industrias agroalimentarias en ArcGIS Online. Con ello, se dieron cuenta que en la provincia de Ávila la industria más importante y casi única era la de "carne fresca". Investigaron las necesidades básicas de alimentación del barrio. Por último, organizaron una campaña de recogida de alimentos en el colegio para ayudar a las familias más vulnerables, las cuales recibieron dichos alimentos.

Se demuestra que los estudiantes adquieren los conocimientos propuestos, desde los aspectos fundamentales de la Geografía como ciencia y disciplina hasta el empleo de fuentes de información geográfica (la IDEE) en una herramienta que es novedosa para ellos, que potencia el aprendizaje vivencial, significativo, y que conlleva una acción transformadora de su entorno más cercano, destacando la responsabilidad social como valor fundamental a adquirir a través de estas intervenciones de aula.

4.3.3 Los resultados de aprendizaje muestran la adquisición de competencias digitales, sociales (competencias en sostenibilidad) y geoespaciales, así como las propias del currículum escolar

Los resultados de aprendizaje constatan que la aplicación de un conjunto de estrategias pedagógicas, cuya metodología es activa, es un éxito en cuanto a calificaciones. Esto significa que los estudiantes han adquirido los estándares de aprendizaje y las competencias básicas clave propuestas basadas en la experiencia. Es cierto que las intervenciones tenían como objetivo la adquisición de competencias digitales, geoespaciales y sociales, pero el resto de competencias se han visto involucradas en el proceso de enseñanza-aprendizaje. De ahí que se realice un análisis breve de cada una de ellas:

- La competencia digital, al emplear herramientas digitales, como las herramientas del entorno Google (*Drive, Docs*, Hojas de Cálculo, Presentaciones), herramientas de visualización (visores cartográficos de la IDEE y de la IDE europea), SIG en la Nube, concretamente ArcGIS Online, y herramientas de geolocalización (*OruxMaps, MyMaps*). Se ha potenciado el empleo de la herramienta ArcGIS Online integrando los datos provenientes de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), así como el empleo de distintas herramientas y recursos, que proceden de las Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC), en aquellas tareas que su uso era necesario e imprescindible en un ciudadano del siglo XXI.

- La competencia lingüística, al comunicar tanto oralmente o por escrito todo tipo de actividades realizadas. Han realizado exposiciones orales, elaboración de informes, cuadernos de campo y debates con un alto grado de consecución. Además, los debates han impulsado una conciencia de un ciudadano global que sea responsable con las alternativas de mejora que ellos mismos han propuesto.

- La competencia aprender a aprender, en la que se observa un aprendizaje de destrezas y habilidades a la hora de tomar decisiones de manera conjunta en el grupo cooperativo, adquiriendo recursos de trabajo en equipo, como la cohesión, la responsabilidad y el valor del trabajo de los iguales.

- La competencia en matemáticas y competencias básicas en ciencia y tecnología, que lo demuestran a la hora de conocer e interpretar las coordenadas geográficas y el empleo de la IDEE como servicios gratuitos que aportan datos fiables y de primera mano que ofrecen los organismos públicos.

- La competencia de expresión y conciencia cultural cuando los estudiantes debaten sobre problemas reales del medio ambiente, apostando por su conservación, mejora y reparación.

- La competencia social y cívica (o también denominadas como sociales) cuando han sido capaces de realizar acciones sostenibles y proponer alternativas de

mejora a los problemas y situaciones analizadas en los diferentes mapas Web resultantes. Llevando a cabo la consecución de los ODS, y por lo tanto, ejerciendo una responsabilidad social sobre el territorio. Uno de los puntos fuertes ha sido la adquisición de habilidades a través de sistemas de evaluación, como rúbricas y autoevaluaciones; este hecho ha llevado a generar un clima de convivencia positivo y una motivación intrínseca en los estudiantes para un mejor desarrollo de los proyectos.

- La competencia en sentido de iniciativa y espíritu emprendedor, cuando la acción sostenibles propuesta ha sido realizable, en la que han demostrado capacidades de organización, ambientación, concienciación y transformación. Por ejemplo, se han aportado alternativas de mejora para la conservación del medioambiente, en escenarios reales, como España y Europa, pero también en lugares de protección medioambiental, como en el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel.

La competencia geoespacial, específica de la geografía, en la que los estudiantes han adquirido destrezas relacionadas con: el control de los datos geográficos visualizados a través de una SIG Web, el dominio de un SIG en la Nube como ArcGIS Online, la interpretación de diferentes capas, escalas, imágenes; incluso han sido capaces de comunicar oralmente y por escrito lo aprendido a través de ella al grupo clase a través de exposiciones orales, debates, informes y cuaderno de campo, y con ello, realizar una acción transformadora de su entorno más cercano, como se comentó anteriormente. La elaboración de mapas o SIG Web con la herramienta ArcGIS Online (ESRI), conocida en el proyecto inicial, ha sido valorada positivamente por los estudiantes, los cuales se han acomodado en ella y realizan incluso la aplicación web de este SIG en la Nube.

La intervención final da un paso más allá de las Competencias básicas clave LOMCE, 2015, Orden ECD/65/2015) y se realiza un análisis de los resultados logrados con las competencias en sostenibilidad de la UNESCO (*véase* tabla 17, Relación de Competencias básicas clave con competencias en sostenibilidad):

- La competencia de análisis crítico (UNESCO) ha sido alcanzada por los estudiantes en un alto grado ya que han sido capaces de realizar preguntas geográficas, identificando problemas de cualquier tipo a través de la visualización de la información geográfica proporcionada por las IDE. A esto han propuestos alternativas de mejora desde una visión constructiva, aportando ideas, o incluso acciones que se podían llevar a cabo para realizar un intento de mejora sobre cualquier aspecto reflexionado a través de la información geográfica y de los aspectos más concretos de los ODS. Este nivel competencial se ve reflejado de igual manera en la obtención de las competencias clave de Aprender a aprender, sociales y cívicas (LOMCE, 2015).

- La competencia de reflexión sistémica se ha visto adquirida por los estudiantes a través de las actividades de análisis e interpretación de fenómenos geográficos de las SIG Web elaboradas por ellos mismos, al tener que manejar distintas variables que interaccionan entre sí. De este modo, los estudiantes han comprendido la realidad, a nivel *glocal* (término empleado por Murga-Menoyo, 2015), estableciendo una relación intrínseca y extrínseca de conocimiento, valores y actitudes. Este hecho es necesario para relacionar el aprendizaje con el servicio o acción sostenible que proponen para la transformación del mundo, de la ciudad o del barrio en el que viven nuestros estudiantes. El manejo de las escalas geográficas en los SIG Web han sido de gran ayuda para adquirir parcialmente la competencia básica en matemáticas y en ciencia y tecnología (LOMCE, 2015). A su vez, les ha hecho lograr también la competencia de Aprender a aprender.

- La competencia en toma de decisiones colaborativas se ha puesto de manifiesto en las diferentes evidencias del portafolio elaborado bajo la puesta en práctica de habilidades blandas (*soft skills*), muy demandas por las empresas en la formación de los profesionales (Vera Millalén, 2017). Estas habilidades son: trabajo en equipo, liderazgo y habilidades comunicativas, en la que se espera como resultado la participación de todos los miembros del equipo de trabajo. De

este modo, se alcanza un alto grado de la competencia en sentido de iniciativa y espíritu emprendedor (LOMCE, 2015).

- La competencia en el sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras se prueba a través de las acciones sostenibles que los estudiantes proponen como alternativas de mejora, relatadas anteriormente. Los estudiantes han sido capaces de comprender las consecuencias de comportamientos inadecuados, tener visión de aquello que afecta al presente y al futuro de la Tierra, han cuidado las relaciones entre ellos (intrageneracionales) y entre ellos y las generaciones pasadas y futuras (intergeneracionales), y han contribuido a una mejora de la sostenibilidad en su barrio y ciudad, y a crear una conciencia ciudadana responsable con el territorio. Todas estas acciones han contribuido a lograrlas competencias sociales y cívicas. La competencia digital ha permitido llevar a cabo el aprendizaje del aula a escenarios reales lejanos, contemplando, analizando e interpretando fenómenos geográficos a través de diferentes herramientas digitales: visores cartográficos, SIG en la Nube, *G-Suite for Education* (entorno Google), Canva, Genially, Nearpod, Prezi.

El logro de estas competencias han validado los objetivos de aprendizaje que se proponían en estas intervenciones, sobre todo desde las intervenciones procesuales, y más concretamente en la intervención final: los estudiantes han profundizado en el estudio y reflexión de los ODS, y para ello, han empleado los geodatos provenientes de las IDE. Han informado y comunicado a través del SIG Web la situación de los fenómenos geográficos representados en la SIG Web, realizada en un SIG en la Nube, concretamente, ArcGIS Online. Por último, han sido capaces de aportar al grupo-base (desde un enfoque cooperativo) nuevo conocimiento e ideas transformadoras con la asunción de su rol y poniendo en práctica habilidades blandas, como las que hemos citado anteriormente.

4.3.4 El análisis de resultados de varones y mujeres

En el análisis comparativo entre mujeres y hombres en el grupo experimental se muestra una leve diferencia en los resultados de las actividades a desarrollar, tanto en las tareas organizativas, compositivas y comunicativas, como en la elaboración de la SIG Web y su interpretación y relación con la rama de la disciplina geográfica.

En programas de entrenamiento de las habilidades espaciales realizados por otros investigadores (Sanz de Acedo Lizarraga y García Ganuza, 2003; Neubauer *et al.*, 2010), en grupos de edad similar al de la muestra presentada, se observa que la diferencia entre sexos no es significativa, y que el transcurso de los años de entrenamiento en habilidades espaciales hace que los datos se igualen entre varones y mujeres (Moé, Rodán *et al.*, 2016).

En estas edades es recomendable que el profesorado haya comenzado una práctica docente en el que estén presenten estas destrezas relacionadas con la comprensión espacial, para entrenar las pequeñas diferencias observadas en distintos grupos de edad (14-15 años).

4.3.5 Valoración global de las intervenciones en el aula

La comparativa de los resultados en las intervenciones en el aula muestra claramente mejores resultados en el grupo experimental que en el grupo de control, en todas las intervenciones realizadas, lo que ratifica los resultados esperados en la tesis.

Desde la primera vez que se aplican las intervenciones, concretamente desde el curso 2016-2017, se observa la necesidad de aplicar una estrategia de aprendizaje sistemática, que permita a los estudiantes aprender por indagación y descubrimiento, comprendiendo el espacio y el territorio a través de su análisis con datos provenientes de las IDE visualizados en un visor cartográfico o en un SIG en la Nube (en nuestro caso ArcGIS Online). Por último, se consigue que los estudiantes propongan acciones de mejora para llevar a cabo la meta última, ejercer la responsabilidad social sobre el

territorio. Estas estrategias pedagógicas permiten la elaboración y confección del proyecto anual: *¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país? ¿y nuestro barrio?.*

Se valora la sistematización de las actividades de los diferentes proyectos por parte de los estudiantes, cuyo proceso de enseñanza-aprendizaje está centrado en el estudiante como agente activo de su propio aprendizaje. Para ello, han sido necesarias las siguientes estrategias pedagógicas: trabajo por proyectos, proyectos de comprensión geoespacial y de sensibilización medioambiental, salidas de campo, aprendizaje basado en problemas; y el empleo de los tres tipos de evaluación (heteroevaluación, autoevaluación y coevaluación) han sido incorporadas a dicho proceso, con una gran aceptación al finalizar todas las actividades desarrolladas anteriormente.

Los temas han sido de interés para los estudiantes que han visto su utilidad, la aplicación en su modo de vivir en el territorio y de relacionarse con la sociedad, tanto a nivel local como nacional y europeo. Aunque antes de realizar las actividades, la geografía y los temas relativos a ellas no eran de su interés, ya que venían acostumbrados a una geografía descriptiva y conceptual, sin profundizar en la utilidad de dicha ciencia.

El diseño del proyecto en función de las unidades didácticas (*véase* Anexo XVII) y del portfolio como instrumento de evaluación ha sido valorado positivamente por el profesorado que ha llevado a cabo esta experiencia como una buena programación de inclusión de contenidos, procedimientos, destrezas, habilidades y valores en la asignatura de Geografía de 3º ESO. Por ello, es necesario crear un vocabulario básico en nuestra propia lengua que integre definitivamente los avances tecnológicos, concretamente todos aquellos conceptos específicos y técnicos de las IDE y su tecnología, así como todos los conceptos relacionados con la responsabilidad social y su relación directa con la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Este diseño por unidades didácticas también ha beneficiado al discente que ha servido de guía de su propio proceso de enseñanza-aprendizaje.

4.4 Modelo docente que integre las IDE en la docencia e impulse la responsabilidad social del alumnado

Demostrado el desconocimiento que sobre IDE tiene el profesorado, son necesarias dos acciones, por una parte la motivación, empleando los argumentos esgrimidos en esta tesis, y por otro una necesaria formación básica para la que es posible aprovechar sinergias de los estándares del Marco Común de Competencia Digital Docente (INTEF, 2017), publicado por el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado (INTEF), órgano dependiente del Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.

La capacitación tecnológica docente propuesta para integrar el uso de las IDE en las aulas docentes exige conocer algunas herramientas básicas que permitan los procedimientos siguientes: a) acceder a los datos, b) valorar la calidad de los mismos para su explotación, c) obtener, almacenar, tratar y analizar los datos para su reutilización, y d) presentar los datos para transmitir rigurosamente el problema objeto de estudio.

Podemos afirmar con Morales Capilla, Trujillo Torres y Raso Sánchez (2015) que es necesaria una formación específica y transversal relacionada con un uso responsable y crítico de la información basada en datos abiertos de las instituciones públicas, puesto que el tratamiento y el análisis adecuado de estos datos permitiría contar con más información, lo que capacitará para la toma de decisiones, además de fomentar una actitud crítica ante las fuentes, los datos y la información obtenida, al tiempo que implicaría el conocimiento de las administraciones públicas y la legislación relacionada con el acceso y reutilización de estos datos.

De este modo, la tarea del docente no debe centrarse en la transmisión de contenidos, propios de las clases magistrales, sino en orientar y guiar el proceso de enseñanza-aprendizaje, lo que muestra un escenario en el que los datos abiertos procedentes de las IDE, como recurso educativo, cobran sentido en la búsqueda de información

rigurosa de primera mano. Por otra parte, este hecho disiente con el problema de tener que seleccionar los datos más convenientes, ante la enorme oferta de datos, por ello se hace más necesaria esta formación del profesorado en el mundo de la revolución de los datos en el que nos hallamos inmersos. En él, para sacar provecho de los datos será necesaria la tecnología, que en el caso que nos ocupa tiene el epicentro en las IDE. Esta oportunidad de aprendizaje debe ser orientada por el docente, que necesitará formación para ello.

4.4.1 Plan de formación del profesorado

Como resultado de las respuestas obtenidas por los expertos en la aplicación de la técnica Delphi, los cuestionarios a los profesores, las entrevistas y la reflexión sobre las intervenciones realizadas en las aulas, el plan de formación quedaría estructurado en cuatro bloques:

El primer bloque serían los aspectos tecnológicos básicos relacionados con qué es una IDE y para qué sirve:

- La importancia del manejo de geoinformación de calidad (IDE) para el conocimiento territorial.
- La geoinformación tiene componentes espaciales, temáticos y temporales.
- Problemas de la geoinformación: calidad y precisión de los datos, que las IDE de los organismos públicos cuidan y el problema de la unidad espacial modificable, que según la escala territorial que empleemos nos puede dar diferentes resultados.
- Definición, componentes y funcionalidades de una IDE. Servicios que ofrecen y estándares que emplean (OGC).
- La importancia de los metadatos para comprender los geodatos.

- Análisis de la fiabilidad del dato en función del geoportal de origen.

- Principales geoportales

El segundo bloque serían aspectos básicos en relación a la responsabilidad social, que se ha relacionado con el conocimiento del profesorado sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) sobre los que la mayoría se autoevalúan considerando que los conocen. Sin embargo, educar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) supone una transformación del individuo en relación a la solidaridad medioambiental (ecológica, económica y social) (Martínez Martín, 2008; Vallaeys, *et. al.,* 2009; Gaete Quezada, 2011; Cantú-Martínez, 2013; Murga-Menoyo, 2015; Domínguez y Rama, 2016.), algo que no se ha constatado que se cumpla. El aprendizaje-servicio aparece como una estrategia que ayuda a resolver esta situación, al potenciar la interacción necesaria que motive para el cambio, tras observar evidencias a través de los mapas en la nube o SIG Web elaborados.

El tercer bloque serían de nuevo los aspectos tecnológicos, pero en este caso centrados en la cartografía interactiva, colaborativa y en la nube, es decir, el manejo de la SIG Web, y el empleo de otros visores cartográficos. Por las ventajas ya señaladas, se plantea la plataforma ArcGIS Online de ESRI, contando con la licencia educativa para los colegios, que tiene unas amplias prestaciones.

El cuarto bloque estaría dedicado a los aspectos pedagógicos relacionados con aquellas estrategias y técnicas docentes que se proponen para la integración de las IDE y la consecución de acciones sostenibles en el marco de la Agenda 2030, en la que se inscriben los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Estas estrategias parten de la enseñanza activa (De Miguel, 2013), como las que nos citaron los panelistas expertos en la técnica Delphi y las que se han puesto en funcionamientos en las intervenciones en el aula expuestas anteriormente. Entre ellas destacan el aprendizaje basado en proyectos, el aprendizaje basado en problemas, los proyectos de comprensión geoespacial, la clase invertida y las salidas didácticas incorporando tecnología SIG Web e IDE (Crespo-Castellanos *et al.,* 2018). Todo ello empleando el trabajo cooperativo y

también el aprendizaje servicio. Para ello los instrumentos a emplear serán portfolios, proyectos, vídeos, carteles, etc.

4.4.2 Modelo docente

Tras una revisión de distintos modelos educativos que integran las TIC (Melo, 2018), y la experiencia acumulada por el profesorado que participa en proyectos europeos, se considera que una mejora sobre el modelo TPACK (Graham *et al.*, 2009; Rienties *et al.*, 2013; Su y Foulger, 2019) puede ser adecuado para estimular a los profesores en la competencia digital.

En esta línea, la formación del profesorado en TIC, para su introducción de forma natural y efectiva en las aulas docentes, exige su unión con la propia ciencia de referencia, en nuestro caso la geografía (Álvarez y Lázaro, 2018a; Gómez, 2018), y su aplicación docente al aula, es decir, considerar los objetivos pedagógicos correspondientes (Tømte *et al.*, 2015). Sin embargo, tiene el inconveniente de que se ocupa de la instrucción del estudiante en contenidos y tecnología, buscando un método pedagógico adecuado sin trabajar de forma específica los valores, ni por tanto se ocupa de la responsabilidad social.

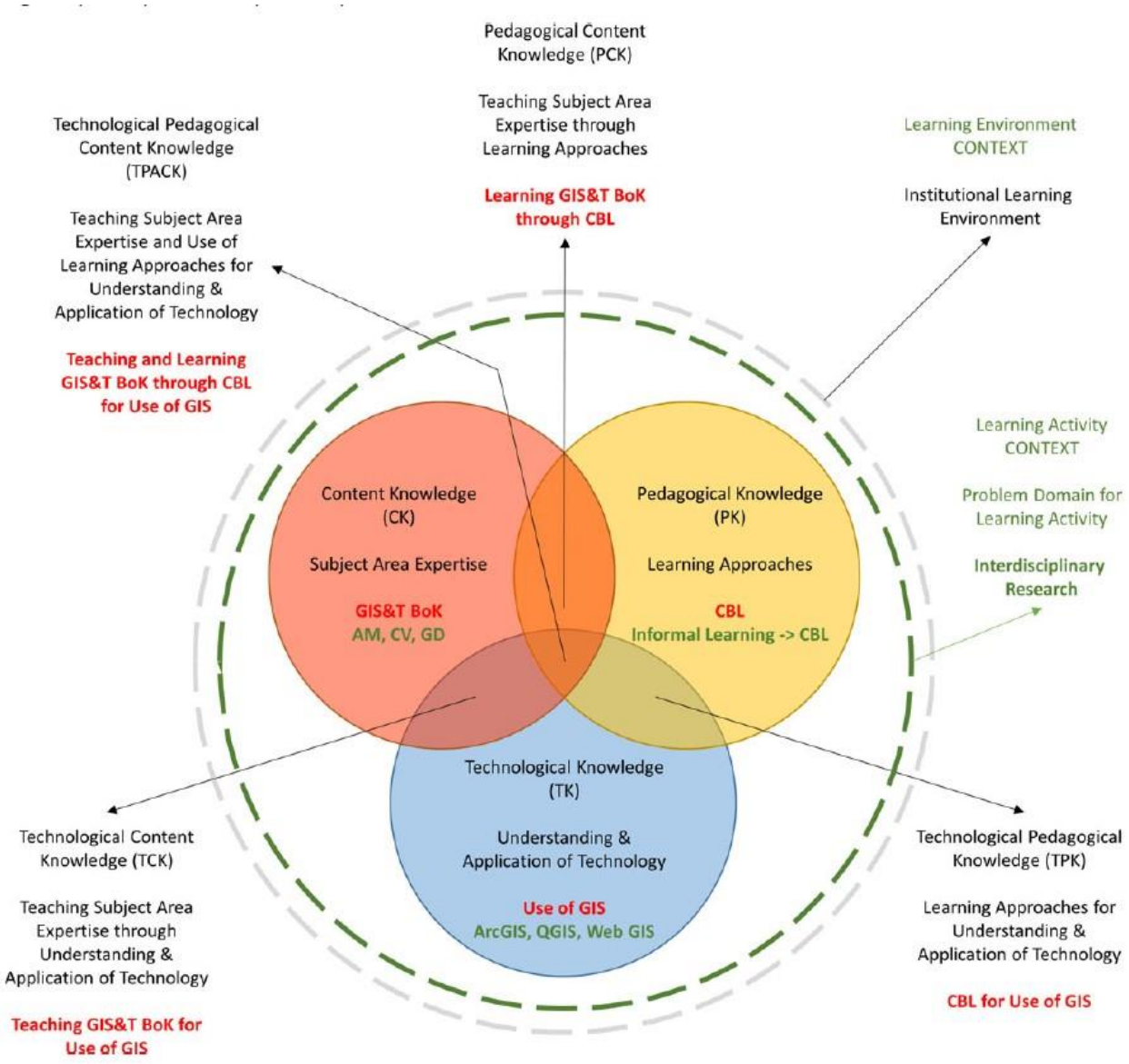


Figura 19. El modelo TPACK adaptado a los SIG

Fuente: p. 16. Rickles, Ellul, & Haklay, 2017

El modelo docente que se propone incluye cuatro componentes, tres procedentes del modelo TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) (Mishra, 2019) (Figura 19, el modelo TPACK aplicado a los SIG), aplicados a las IDE y su tecnología, la enseñanza activa (pedagogía) y el contenido geográfico, al cual se ha añadido la responsabilidad social, entendidos como la colaboración en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) sobre el territorio, lo que añade un cuarto

vector al modelo, que serían los valores. Para su representación se ha empleado un diagrama de Venn (Figura 20).

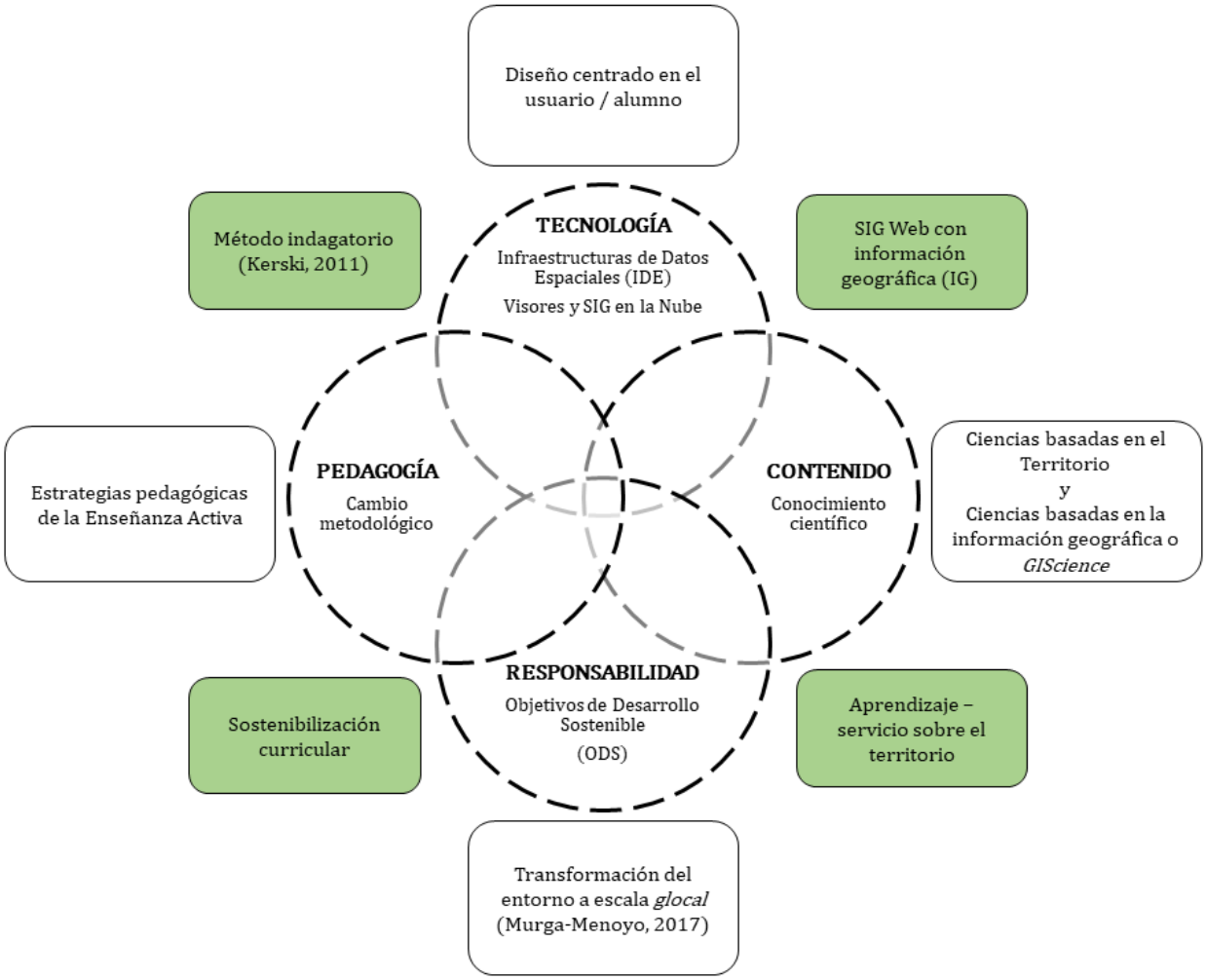


Figura 20. Modelo docente como resultado de la investigación de la presente tesis

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero

Los componentes que se consideran en este modelo docente se ven analizados del siguiente modo:

a) Tecnología

En la que se integran dos componentes fundamentales: las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y las herramientas que permiten la visualización de estos geodatos

(visores de las propias IDE, SIG en la Nube o SIG Web), en nuestro caso éstos últimos con la herramienta ArcGIS Online (ESRI).

Estas Tecnologías de la Información y de la Comunicación (TIC) se ven completadas por tecnologías que favorezcan el aprendizaje y el conocimiento, las TAC (Tecnologías del Aprendizaje y del Conocimiento), que sirven como intermediarias en el proceso de enseñanza-aprendizaje del alumnado, para crear actividades intermedias que estén en el propio proceso de construcción de un mapa o SIG Web. De ahí, que otros autores (Espuny, *et al.*, 2010, Lozano, 2011; López-Fernández, 2016, Buzo, 2017) por extensión a la ciencia geográfica hablan de Tecnologías de la Información Geográfica (TIG), en general, y en particular de las Tecnologías para el Aprendizaje Geográfico (TAG).

Como se ha señalado, el conocimiento, manejo y sistematización de la búsqueda de los repositorios virtuales con los servicios que ofrecen las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), y los visores cartográficos, que permiten visualizar, analizar e interpretar los geodatos en una SIG Web, algunos recogidos en el artículo de Álvarez y Lázaro (2017), son esenciales en la formación del profesorado. Para ello se ha empleado ArcGIS Online, ya que además facilita la colaboración, lo que se impulsa el trabajo cooperativo, enfoque que potencia los resultados de aprendizaje con la aplicación de estrategias pedagógicas de la enseñanza activa (Johnson y Johnson, 2003).

El profesor debe emplear al menos una herramienta TIG (Tecnologías de la Información Geográfica) y las TIC con soltura en lo marcado por la Competencia Digital Docente. Para ello, debe saber que los objetivos que se persiguen es que los alumnos aprendan a emplear dichas herramientas con la adquisición de competencias digitales, con la finalidad de que lo trasladen a sus contextos reales de su vida académica y a su futuro laboral.

La tecnología empleada es una SIG Web que facilite la integración de la información geográfica (IG) procedente de las IDE enmarcada en la filosofía del diseño centrado en el usuario (*User Centered Design*, UCD, en inglés); en nuestro caso el usuario es el estudiante y el producto final es una SIG Web o mapa Web, que se puede visualizar como una aplicación web.

El diseño centrado en el usuario fue el término que Norman (1983) empleó para la investigación que realizó sobre el diseño de interfaces de usuario en los años ochenta del siglo pasado. El objetivo de este método es buscar las mejores técnicas y herramientas para responder a las necesidades de un grupo social en concreto. Tradicionalmente, este método ha sido empleado en el mundo de la empresa y ha preocupado en la creación de los visores de las IDE (como en el Instituto Geográfico Nacional). Recientemente se ha transferido al mundo educativo en donde se habla de involucrar al profesorado para que las herramientas tengan un diseño que respondan a las necesidades docentes (Hong y Stonier, 2015; Hong, 2017).

b) Pedagogía

Las estrategias pedagógicas basadas en la enseñanza activa desde un aprendizaje cooperativo facilitan los objetivos marcados (Johnson y Johnson, 2003), si bien todavía es necesario un cambio metodológico real en las aulas. Se destacan algunas de estas técnicas como las que han resultado de mayor utilidad: aprendizaje basado en problemas, aprendizaje basado en proyectos, proyectos de comprensión geoespacial; los cuales se han venido empleando en las intervenciones en el aula que se han experimentado para el presente estudio.

Todas estas técnicas y estrategias tienen su base en el empleo del método indagatorio de Kerski (2011), como se señaló al hablar de las técnicas docentes en el estado de la cuestión.

La comparación de los resultados de investigación entre los grupos de control y experimentales o de intervención en el aula han demostrado que cuando se aplican estrategias pedagógicas que tienen como base el aprendizaje activo, colaborativo y cooperativo se obtienen mejores resultados de aprendizaje (García-Valcárcel y Tejedor, 2018).

c) Contenido

Proveniente de las ciencias basadas en el territorio y de las ciencias de la información geográfica o *GIScience*. Ambas consideradas ciencias independientes que generan un conocimiento científico empleando el método científico (Goodchild, 2010) que los estudiantes adquieren consultando fuentes primarias, como se ha demostrado en las intervenciones en el aula.

Tomamos la acepción de *GIScience* como la "ciencia que se ocupa de la Información Geográfica para obtener un mejor conocimiento territorial, del que se deriva un empleo de la tecnología de los mapas web aplicada a la Geografía" (Zwartjes *et al.*, 2017). El diseño de un SIG Web se ha acercado al aprendizaje de las ciencias basadas en el territorio y en la información geográfica (*GIScience*), a la vez que se integra con una nueva y creciente tendencia educativa en las universidades cuyo éxito ha sido justificado por numerosos autores (Kim y Bednarz., 2013; Lázaro *et al.*, 2014; Lázaro, Izquierdo y González, 2016; Lázaro, De Miguel y Morales, 2017).

d) Responsabilidad social

Está relacionado con los valores, elemento señalado en el currículum. Es el componente educativo y moral para el estudiante capaz de transformar el entorno a nivel *glocal*, como lo denomina la profesora Murga-Menoyo (2015), es decir, a todas las escalas geográficas posibles: global, regional y local. De este modo, también se obtiene un valor añadido que es el crecimiento de la propia persona de una manera integral y ciudadana del siglo en el que vive.

Todos los conocimientos provenientes de las ciencias basadas en el territorio y de las GIScience se pueden "sostenibilizar" pasando por la vía de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, como se puede observar en la programación de la experiencia final de la asignatura de Geografía de 3º de ESO en el Anexo XVII. De este modo, se está atendiendo a la necesidad de la sostenibilización curricular, como hemos comentado en el estado de la cuestión. De este modo, la formación de ciudadanos responsables con el

territorio debe pasar por la sostenibilización curricular, crear voluntad en los estudiantes para colaborar con los Objetivos de Desarrollo Sostenible, e impulsar el Aprendizaje-Servicio.

Con este modelo docente que se propone se habrá conseguido que el profesorado integre las IDE en su docencia cotidiana para un mejor conocimiento del territorio por parte del estudiante y una sensibilización de su responsabilidad social necesaria para el cambio. Para todo ello, el ecosistema de datos que la revolución digital (Telefónica, 2019) proporciona es muy aprovechable en la actividad educativa, no sólo para generar conocimiento, sino para impulsar competencias relacionadas con la sostenibilidad: análisis crítico, reflexión sistémica, toma de decisiones colaborativa y sentido de responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras (Murga, 2015), esta cadena de empleo de los datos se puede aplicar a las IDE (Figura 21).

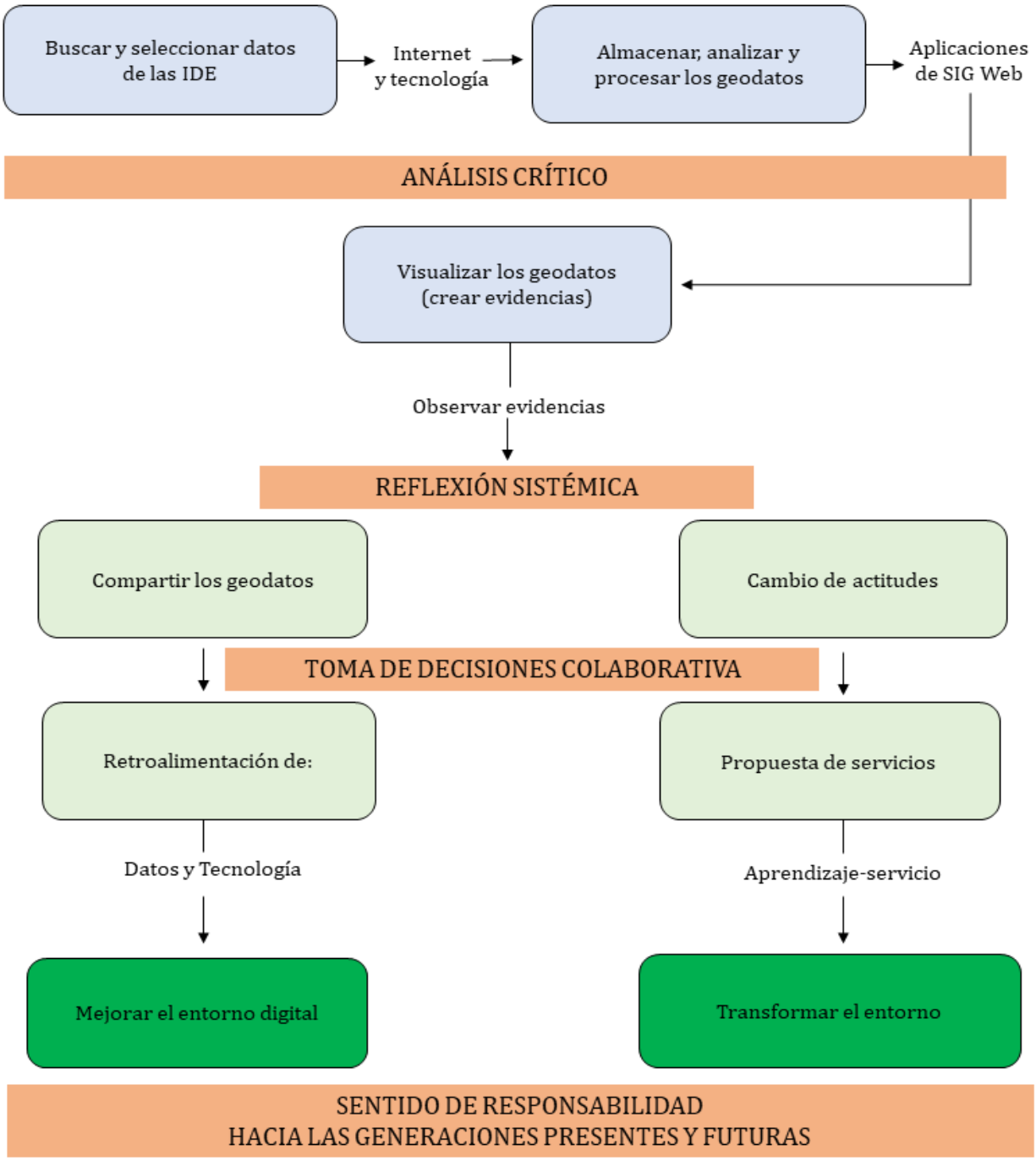


Figura 21. Generar conocimiento, cambio de actitudes y competencias en sostenibilidad

Fuente: Elaborado por Javier Álvarez-Otero

Sin embargo, existe un problema todavía además del señalado por la técnica Delphi sobre la usabilidad de las herramientas que permiten el acceso a los datos, que es la disponibilidad de datos, es decir, que no siempre se generan en el seno de las IDE los datos que se necesitan en el estudio a acometer.

Se ha demostrado cómo el empleo de los datos procedentes de las IDE permiten un aprendizaje centrado en que el estudiante construya su propio conocimiento, fomente el pensamiento crítico en el que se plantee aspectos de justicia social, derechos humanos y sostenibilidad, comprenda que no hay verdades absolutas y que el consenso es un valor importante, y adquiera una alfabetización digital que le sirva para emprender una implicación en la ciudadanía activa y constructiva.

5 CONCLUSIONES

Se ha comprobado que, a pesar de que el profesorado posee un conocimiento limitado sobre las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), los geodatos abiertos proporcionados por ellas han resultado una fuente de gran utilidad para el conocimiento territorial aportando además fiabilidad, calidad, interoperabilidad y acceso a un mayor número de datos. Con ellas es posible el aprendizaje activo y participativo, que desemboca en la formación del pensamiento crítico derivado del manejo de fuentes de primera mano procedentes de las IDE. Por lo que podemos afirmar que la primera hipótesis se cumple.

El crecimiento exponencial de geodatos hace que sea posible adaptar la geoinformación de los servicios ofrecidos por las IDE a los contenidos curriculares, y al nivel educativo del estudiante, de forma que sea el mismo estudiante quien plantee preguntas en distintas escalas en diferentes contextos espaciales, proponga actuaciones de mejora en ese territorio y desarrolle así la capacidad crítica. El análisis y la búsqueda de evidencias de esta línea de trabajo en otros países y en España ratifican que la comprensión geoespacial de los estudiantes se incrementa con el empleo de SIG Web y la posibilidad de integrar los datos que ofrecen los organismos oficiales. Se ha podido seleccionar alguna de la tecnología que lo permite: ArcGIS Online, SignA, Google Earth, Iberpix, CartoCiudad,..., como se recoge en la publicación Álvarez y Lázaro (2017), y la actualización del estado de la cuestión.

El alumnado de secundaria alcanzará una mejor comprensión del territorio empleando estos recursos. Las IDE han facilitado el trabajo de campo necesario para actualizar, contrastar los datos y posibilitar una retroalimentación controlada. La ingente información geográfica existente en ellas y su constante actualización son la mejor garantía del conocimiento de la realidad territorial. Por lo que podemos afirmar que la segunda hipótesis se cumple.

Las intervenciones de aula diseñadas han permitido:

a) Introducir al estudiante en el manejo de los geodatos que ofrece la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE) (la experiencia inicial motivadora).

b) Fomentar la responsabilidad social en relación al territorio y a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (experiencias procesuales).

c) Establecer un método de trabajo en el aula integrando las IDE en las SIG Web como forma de transmisión del conocimiento territorial, potenciando la interactividad en las aulas docentes. Se han recogido los resultados de la práctica docente de las intervenciones anteriores, que se refleja en la intervención final.

d) Adquirir competencias digitales, sociales (competencias en sostenibilidad (UNESCO): análisis crítico, reflexión sistémica, toma de decisiones colaborativas y sentido de la responsabilidad hacia las generaciones presentes y futuras) y geoespaciales por parte de los estudiantes con un notable logro, mostrado en los resultados de evaluación del grupo experimental.

Por lo que podemos afirmar que la tercera hipótesis se cumple.

Todos los resultados anteriores de investigación han promovido la construcción de un modelo docente que integra: la tecnología empleando los geodatos procedentes de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) y las SIG Webs; el contenido curricular, que marca la legislación vigente, centrado en la ciencia geográfica; la pedagogía entendida como el método de trabajo en el aula, en la que el estudiante es el agente activo de todo su proceso de enseñanza-aprendizaje; y la responsabilidad social que sirve para cambiar actitudes que conlleven a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Por lo que podemos afirmar que la cuarta hipótesis se cumple.

Con todo ello se ha demostrado que es posible integrar de forma natural y amigable el conocimiento sobre las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE) en la educación, para mejorar el rendimiento en la búsqueda y utilización de los geodatos de

calidad y actualizados que ofrecen, lo que exige un pequeño cambio en el paradigma educativo.

También se ha corroborado que la formación del profesorado es la pieza clave para integrar eficazmente los datos proporcionados por las IDE en la docencia e impulsar la responsabilidad social del alumnado en el contexto de los ODS y la invitación a un cambio de actitudes en los estudiantes, y de forma colateral se abunda en los estándares de la Competencia Digital Docente (CDD) contribuyendo al debate actual.

Podemos concluir afirmando que no existen ejemplos de aprendizaje o buenas prácticas de enseñanza empleando las IDE para impulsar la responsabilidad social, por lo que consideramos que se ha creado un producto final inédito y de interés para el profesorado de educación secundaria, que puede ser extrapolable a otras áreas y a otras realidades educativas.

COMPENDIO DE PUBLICACIONES PRESENTADAS

Artículo n.º 1. Álvarez Otero, Javier y Lázaro y Torres, María Luisa de (2017).

Spatial Data Infrastructure and Geography Learning. *European Journal of Geography 8*(3), 19-29. ISSN: 1792-1341.

Este artículo n.º 1 responde a las preguntas que se planteaban en la Hipótesis nº 1: El profesorado tiene un conocimiento escaso o nulo sobre las IDE, lo que hace que desaproveche las oportunidades que ofrecen.

El objetivo del artículo era hacer conscientes a profesores de la utilidad de los datos proporcionados por los servicios de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) para conseguir un aprendizaje basado en la información geográfica (IG) y su beneficio en la adquisición de competencias digital y de pensamiento espacial. Para ello, fue necesario detectar algunas iniciativas que emplean estos servicios IDE (*Table 1* en Álvarez y Lázaro, 2007), al margen de la herramienta empleada en esta tesis (ArcGIS Online) y realizar un análisis de las ventajas e inconvenientes de la integración de los geodatos ofrecidos por los servicios IDE en educación, en general, y en la educación geográfica, en particular.

European Journal of Geography Volume 8, Number 3:19 - 29, July 2017
©Association of European Geographers

SPATIAL DATA INFRASTRUCTURES AND GEOGRAPHY LEARNING

Javier Álvarez Otero
Complutense University, Department of Modern History, Madrid, Spain
javier.alvarez.otero@ucm.es

María Luisa de Lázaro y Torres
Complutense University, Department of Human Geography, Madrid, Spain
mllazaro@ucm.es

Abstract

Geography, as a science and in the educational sense, is benefiting from improvements in the usability of geoportals and viewers connecting Spatial Data Infrastructures (SDI) which link to high quality geographic information. It is very useful for Geolocation services. This is due to the fact that the amount of open data has been increasing and most of the data have a spatial reference and hence called geodata. It improves employment possibilities and facilitates becoming an e-citizen using e-government information.Time and space are very important for data analysis. Therefore, it is possible to learn geography from SDI geodata, especially if it is integrated into a learning environment. Some examples will be analysed. Geodata provides us with open data and a holistic approach that lead us to come to our conclusions which in turn improve learning quality leading to the acquisition of spatial and digital competencies.

Keywords: *Spatial Data Infratructures, Learning, Interactive Web Maps, WebGIS.*

1. INTRODUCTION

Spatial Data Infrastructures (SDI) is currently the basic element used for geographic information in a global context. Its importance is undeniable. So, the use of geographic information on new interfaces results from the integration of open geodata from the SDI created in the European Union under the INSPIRE (INfrastructure for SPatial InfoRmation in Europe) Directive.

SDI is organized in linking geoportals to services which allow one to share, interchange, combine, analyse and gain access to geographical data using interoperability and standardization. These last elements are essential and should go together. The format of geographic information (GI) is changing (Carbonell *et al* 2012) and SDI made GI available to everyone. Quite a lot of cartography resources are available online free of open data, mostly using geodata from SDI.

The Open Geospatial Consortium (OGC) services comprise standardized and interoperable SDI services. Currently, the most extended services are the Web Map Services (WMS). The services are also offered using tiles. They allow images to be loaded into a manageable rectangular set of pixels used to process the whole image without consuming a vast quantity of computer memory. The computer process is not visible. Tiling is the quickest way for image visualization today, as a set of rectangular pixel limits are imperceptible. There is no

difference in visualization. They are called the Web Map Tile Services (WMTS). Both are basic visualization services which allow one to see geodata, but one cannot make any changes, although in some cases you can add or remove a layer.

Other OGC standard services exist, such as Web Feature Services (WFS), but they are not available for all connections. It depends on the app. WFS make it possible to access the attributes tables of vectorial geodata, download it to the local hard drive and make any necessary changes. For raster datasets, the Web Coverages Service (WCS) exists. Web Catalogue Services (WCS) and Web Process Services (WPS) are also relevant, among many other standardised interoperable services (González and Lázaro 2011). They allow one to visit a catalogue of services and to process information on the cloud (cloud computing).

As a result, geographical data or georeferenced data, called geodata, is the "raw material" served by SDI through the OGC services. Geodata is open georeferencing data available on the internet and freely accessible to download and re-use (copy, analyse, re-process) for limitless purposes.

Official bodies or organizations are responsible for each piece of geodata updated and any metadata added. So geodata is characterized by quality and reliability. Metadata describes precise data geographic information or geodata such as origin, extent, quality, spatial and temporal scope, content, spatial reference and datum, identification, author and responsible body among other properties of digital geographic data following the ISO 19115 rules. Few people are aware of all these issues in spite of the fact that they are continuously using geographical information on geoservices on their smartphones. Therefore, some literacy on all these aspects is necessary. Accordingly, lectures and lessons can be completely turned around due to technological advances and transformations.

The Spanish National Geographical Institute integrates geodata from public administrations on the Spanish SDI. The utility has come about as a result of the holistic geodata approach. Necessary standardization for interoperability comes from the ISO 19100 standard and the Open Geospatial Consortium (OGC) specifications (Bernabé-Poveda and López Vázquez 2012:44, Iniesto and Nuñez 2014). INSPIRE is applied in Spain under LISIGE Law (Ley sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España) which guarantees free viewing services of a broad range of open data not, only related to the environment.

Currently, the Spanish Spatial Infrastructure Data (IDEE) Observatory that assists in the growth of IDEE, was launched in 2006 (Del Campo *et al* 2012:247). Teachers can also become aware of the advantages of using SDI (González, 2012) as an available, quality and reliable source of geodata, although it is very useful for geography and other territorial sciences in lessons. Thus, in terms of educational aims, IDEE is relatively unknown and few people know how to take full advantage of it.

The evolution of new possibilities of SDI and technologies on the Internet evolution is based on the growth of information in general and the specific increased interaction of geoinformation access, but also on the number of learning environments (Figure 1).

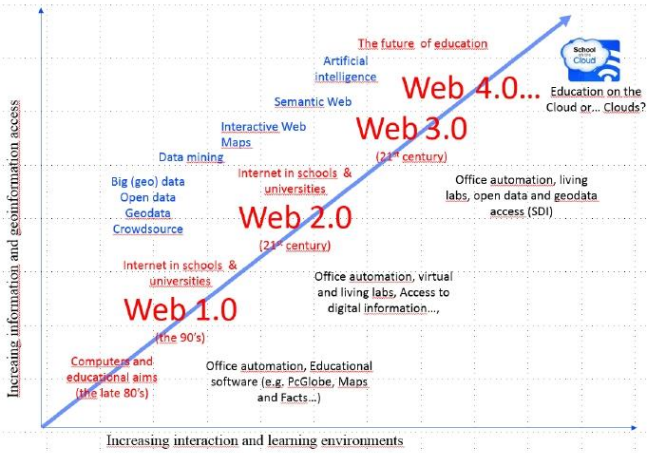


Figure 1. The future of geography education own draft

As a consequence, the two main competencies in geography learning: spatial thinking (Zwartjes, Lázaro *et al* 2016) and digital competencies (Lázaro, Izquierdo and González 2016) can be developed making sense of geodata served by SDI. Pokémon GO! is an example of increasing spatial competencies in a fun way using augmented reality linking cities and towns with online Pokémon maps.

The main objective of this article is to make people and geographical educators aware of the utility of SDI for learning aims specially focused on Geography using the enquiry processes (Favier and Van der Schee 2012, Kerski 2011, De Miguel and Buzo 2015). Learning lines (Zwartjes, 2012, 2014) and spatial thinking will benefit from using SDI.

The first part of this article will explain the background of spatial thinking using geographic information from SDI. The literature review will show some learning and teaching initiatives by means of their analysing. Finally, we encourage teachers to try learning a bit more about SDI geodata in order to use quality data to achieve learning results when it comes to spatial and digital competencies.

2. BACKGROUND ON LEARNING PROCESS AND SPATIAL THINKING

Spatial thinking is the ability to deal with a mental model of the Earth and the ability to operate using this model. Spatial thinking integrates orientation, rotation, shapes, lines, space and relationships between spatial entities. Cognitive skills will be enhanced by spatial thinking ability. Essential elements for achieving this ability are software, hardware, geodata -from many sources, although SDI geodata can be very convenient for the reasons explained above- and people, who can share the workflow. Thus, a new paradigm is appearing around the transdisciplinary approach which enhances collaborative and critical learning.

Educational policy analysis derived from the conclusions of the *School on the Cloud* project (Lázaro, De Miguel y Buzo, 2017) explains three ways of learning based on the nature of teaching: instruction, constructivism and integration (Figure 2). It should go further than the critical nature of teaching. There needs to be transdisciplinary learning based on a collaborative and participative learning-centered network, and it should help to link the Cloud and the Earth as a necessary learning ability and result of practicing education. And this result is a very important aim for citizens.

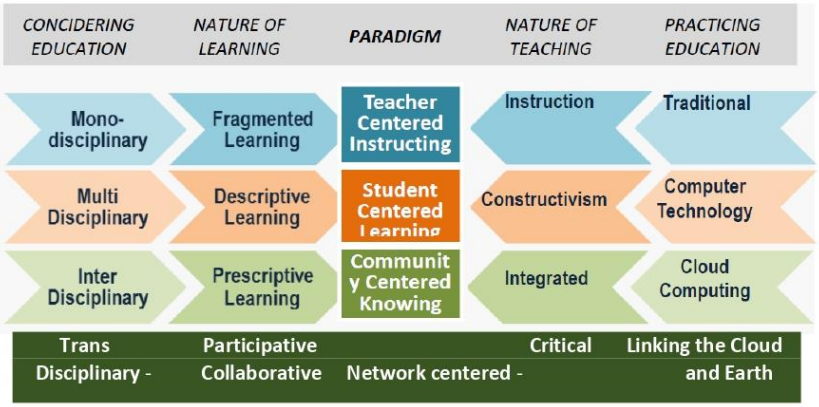


Figure 2. Based on Koutsopoulos and Papoutsis, 2016: 34.

Tools and media for the learning process have integrated new and emerging technologies in recent years. Thus, those of the 21st century are different than those of previous centuries. Then, as for territorial aims, there are many useful geotools, geomedia and new interfaces that allow students to build upon new knowledge in a different way linking the Cloud and Earth in a transdisciplinary frame. Digital and geospatial literacy enhance learning (Baker *et al* 2015) and this is possible to acquire by using geodata from SDI. But... how can we achieve this learning scope?

We can stress some steps, following enquiry processes and learning lines (Buzo 2016, De Miguel in Muñiz, Solem and Boehm 2016 and Zwartjes, Lázaro *et al* 2016) for a new approach to geography, in four different and clear actions:

- Observing (territory): Perceiving landscape and coming up with geographical questions
- Using: acquiring, exploring, organizing, analyzing and interpreting outdoor and other GI access such as SDI. Analyzing layered organization to understand the complexity of the elements involved in the organization of territory (physical, social, economic, political and cultural) resulting from their interaction.
- Structuring: making sense of geographical information. Structuring spatial relations such as identification, comparison, measurement, connections, directions or hierarchy, among others.
- Applying: acting on the correct and wise use of geographical knowledge (e.g. building new interactive maps with student's own data and obtaining new research conclusions).

This helps make it possible to acquire spatial thinking dimensions that the National Research Council (NRC 2006) explained as: spatial concepts, spatial representation and spatial reasoning.

3. SOME TEACHING INITIATIVES USING SDI FOR LEARNING AIMS

The aim of linking the Cloud and Earth has been an important task for many teachers who have been working with spatial apps and viewers given the possibility to integrate geodata from SDI and their own data from outdoor learning. Moreover, this aim facilitates required fieldwork to be updated and controlled feedback on geodata. Geodata can be compared. Laws allow dissemination, usability and reusability of geodata. Fieldwork means great educational opportunities in outdoor learning (Lázaro, De Miguel and Buzo, 2016) which proves very popular among teachers.

Main visualization initiatives, useful for learning about GISciences and linking the Cloud and Earth integrating SDI as a source of geodata are virtual globes. The most popular is Google Earth. It has quite a lot of hardware requirements and not all teachers are aware of the possibilities of connecting to SDI services and earth, sea or sky visualization.

Some WebGIS are very useful for geodata SDI integration with other geographical information sources (e.g. one's own data or ArcGIS Online platform data), creating interactive maps online, for example, ArcGIS Online (AGOL) TM, Esri® platform, CartoDB or MapBOX.

The Spanish National Geographical Institute (IGN) has created and maintained some viewers which integrate geodata from public administrations available for users (e.g. Iberpix, Cartociudad or SignA). The natural node of Spanish SDI is SignA, created so that the Spanish SDI data can be visualized on a GIS. IGN is also collaborating on very useful GPS applications for mobile devices for outdoor learning, such as Mapas de España, that works entirely with the Spanish SDI and its usability allows students to use it.

Google has updated cartography and added very detailed images. Thus, they don't use geodata from different SDI. This is the information available on MyTracks or MyMaps apps and can also be used as GPS.

Thus, we see that it is technically possible to integrate SDI geodata in different visualization apps or viewers for lectures. Using connected SDI platforms is very useful to solve the problem of fragmented geoinformation. Visualizations and simulations are possible on the platforms/viewer apps, thus linking the Cloud and the Earth should be easy and demands are continuously increasing. But only a few teachers are aware of the visualization possibilities for learning aims.

We have been collecting some of these different initiatives on table 1 using SDI for learning aims. The clear advantages of geodata coming from SDI as free and open data uses have not been discovered yet by teachers, then, there is not a frequent use of geodata from SDI as there would be in GISciences lessons. Meanwhile, GIS has indeed been trying to introduce geodata at least in Secondary Schools in many countries for a long time. Some difficulties have been encountered, already shown by Milson, Demirci and Kerski (2012). Perhaps the problem has nothing to do with the availability of tools and geodata on the cloud, but it is related to dealing with the users, teachers and students which must have a usable and accessible tool for an effective and enjoyable learning experience. The possibility of making maps on demand and interacting with them in order to learn geography is essential for our learning aim, but although it is somewhat achievable today, users feedback needs to be updated.

Table 1. Summary of Geography lessons using different viewers as learning environments SDI connected

Year	Application name, type of application, owner and URL	Study case information
2004	SignA (Natural SDI Node, Spanish National Geographical Institute, IGN) (http://signa.ign.es/signa/)	- IGN. (2015). "Navegación en SignA", vídeo disponible en: https://youtu.be/ts2fvahFHFI - Lázaro, M.L. de, Álvarez, J. and González, M.J. (2015). "Aprender geografía de España empleando SignA" en Investigar para innovar en la enseñanza de la Geografía. Universidad de Alicante, pp.25-39.
2005	Google Earth (Virtual Globe, Google) (https://www.google.com/earth)	- Patterson, T.D. (2007). "Google Earth as a (Not Just) Geography Education Tool", Journal of Geography, 106:4, 145-152, DOI: 10.1080/00221340701678032 - De la Calle, M. (2009). "Aplicación de Google Earth en la formación del profesorado de educación infantil para el conocimiento geográfico". In A Inteligência Geográfica na Educação do Século XXI. Lisboa: Associaçao de Professores de Geografia; Instituto de Geografía e Ordenamento do Territorio da Universidade de Lisboa; Grupo de Didáctica de la Geografía de la Asociación de Geógrafos Españoles. - MOOC de Didáctica de la geografía a través de Google Earth (Universidades de Burgos y Alicante). Coordinado por Isabel María Gómez Trigueros, with the collaboration of Juan Ramón Moreno Vera y Delfín Ortega Sánchez.
2007 / 2009	MyMaps, for finding places MyTracks, for building tracks (Google cartography, an app for mobile Android devices)	- Gil, N., Calabuig, S. y Medir, R.M. (2014). "El webmapping como herramienta didáctica para el análisis del paisaje Núria". In Martínez Medina, Ramón y Tonda Monllor, Emilia María (eds). (2014). Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica. Grupo de Didáctica de la Geografía (A.G.E.) - Universidad de Córdoba. pp. 205-218.
2007	Internet Applications: Neogreography and Volunteered GIS (Wikimapia, OpenStreetMap, e-Government sites)	- Scull, P., Burnett, A., Dolfi, E., Goldfarb, A. & Baum, P- (2016). "Privacy and Ethics in Undergraduate GIS Curricula". Journal of Geography, 115:1, 24-34, DOI:10.1080/00221341.2015.1017517 (Fundamental changes on the nature of spatial data and maps)
2013	PaikkaOppi (Finnish Web based learning environment using SDI) (http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/en)	- Houtsonen, L., Mäki, S., Riihelä, J., Toivonen, T. and Tulivuori, J. (2014). "PaikkaOppi: A Web based learning environment for Finnish Schools". In De Miguel, R. and Donert, K. Innovative Geography Learning in Europe: New Challenges for the 21st Century, pp. 89–100. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing. - Riihelä, J. and Makki, S. (2015). "Designing and Implementing an Online GIS Tool for Schools: The Finnish Case of the PaikkaOppi Project". Journal of Geography, 114:1, 15-25.
2014	Iberpix (Spanish IGN viewer) (http://www.ign.es/iberpix2/visor/)	- Delgado Peña, J.J. (2014). "Using the Iberpix geobrowser for teaching geography: perspectives from active learning methodologies". In De Miguel, R. and Donert K. Europe: New Challenges for the 21st Century, pp. 213–228. Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.
2015	Mapas de España (Spanish SDI data from the IGN, an app for Android mobile devices)	- Available on Google Play. In the future it will be available for IOS and other operative systems (Windows 10). Used to find a treasure in the Science Week by GEODIDAC research group. - Lázaro, M.L.; De Miguel, R. y Buzo, I. (2016). "Outdoor Learning and Geography on the Cloud: A Challenge for the European "School on the Cloud" Network". The International Journal of Technologies in Learning, 23 (3) pp.1-13. DOI: 10.18848/2327-0144/CGP. © Common Ground Publishing.

Year	Application name, type of application, owner and URL	Study case information
2014	ArcGIS Online Platform (ESRI) (https://www.arcgis.com/)	- Lázaro, M.L.; Izquierdo, S. and González, M.J. (2016). "Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria" (Geodata and Landscape: From the Cloud to Lectures). Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 70, pp. 371-391. DOI: 10.21138/bage.2175. English versión: http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2245/2132 - Buzo, I. (coord.) (2016). "Las SIGWebs en la Geografía de Secundaria para la mejora del pensamiento espacial". Memoria presentada para la obtención del XXXI Premio "Francisco Giner de los Ríos". Área de Humanidades y Ciencias Sociales otorgado a esta metodología de trabajo (BOE 17 mayo 2016).
2015	Atlas Digital Escolar (WebMap on ArcGIS Online, ESRI) (www.atlasdigitalescolar.es/)	- De Miguel, R., Buzo, I. y Lázaro, M.L. de (2016). "Nuevos retos para la educación geográfica y la investigación docente: el Atlas Digital Escolar". (New challenges for geographical education y researching: The Digital School Atlas), Spanish Contribution to IGU Congress XXXIII (Beijing, 2016). Madrid: Comité Español de la UGI.

4. ANALYSIS

All the selected initiatives are not focused on analogic maps, which are useful for locating places (climate, cities), identify some spatial patterns (physical, human, regional), learn concepts and evaluate distributions, they are focused on digital interactive maps allowing one to acquire inquiry skills and they provide a tool for territorial analysis using the previously named steps: observing, analyzing, structuring and applying. The inquiry process allows a transdisciplinary framework based on participative, critical and collaborative learning (Buzo, 2016).

Most of the projects or examples collected in Table 1 are based on an interactive learning platform connected to SDI and having as main tasks knowledge building and interaction through the geographical information provided. Many geodata sources are integrated by WMS, WMST or WFS OGC services.

Among all attempts using SDI for learning aims selected in Table 1 perhaps one of the most important is the Finnish PaikkaOppi, a learning environment for secondary schools which integrates geographical information from SDI and outdoor learning, thus students are able to link the Cloud and the Earth. The advantage is that by using geodata from SDI it will update automatically on the online maps because the official body responsible for the geodata does so on the databases which are the main source of the application geodatas. Thus, it is possible to use more reliable geographic information.

Although any country can connect by means of their own SDI to different viewer apps, the National Institutions which serve open data are not always specifically built for learning aims focused on geographical education. As for the Spanish case, there are some possibilities not experienced by many teachers, integrating geodata from SDI using IGN viewer apps previously cited (Iberpix, Cartociudad and SignA). None of them are focused on creating teaching and learning materials for a better geospatial and global understanding, such as PaikkaOppi or Atlas Digital Escolar (De Miguel *et al*, 2016° and 2016b). Both have to learn functionalities on the platform as tools. Geoinformation is necessary and it is provided in all instances, partly creating geodata for the platform and partly by SDI.

Then, the traditional work and observation turn into layered collaborative work online using interactive web cartography on the cloud (Figure 3).

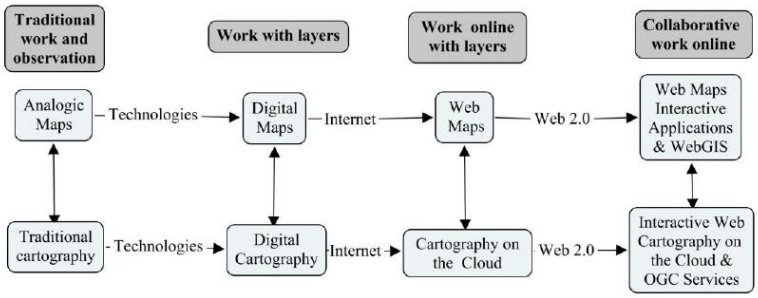


Figure 3. Drawn by M.L.de Lázaro

More experimentation on learning results using SDI on different viewers and learning environments are necessary. But a previous aim is to create the necessary pedagogic steps to use geodata for geographic learning achievement. The PaikkaOppi learning platform is a good example, as it is continuously updating not only new outdoor learning possibilities, but also new learning material (Riihelä and Makki 2015).

It is not easy to enumerate clear learning results as more research on the topic is necessary, but we can point out some of the desirable learning results of using a platform connected to SDI for geographical education aims:

- Encouraging critical geospatial thinking based on SDI geodata and a tool for territorial analysis.
- Understanding geographical concepts from reflecting on map content.
- Leveraging open and quality geodata from SDI portals, maintained by the official bodies of every country.
- Achieving a way of working usefully for lifelong learning anyplace, anytime and anyway.
- Using devices for learning aims, some authors call this smart learning (Lee and Son, 2013)
- Improving inquiry methodology and problem solving learning for a better territorial knowledge.
- Responding to social demand and the labour market as regards geospatial skills.
- Acquiring a basic vocabulary of a 21st century basic scientific paradigm such as digital geohumanities, geostatistic, big geodata, Spatial Data Infrastructure, Global Satellite Navigation System, WebGIS, Web interactive map.

There is widespread belief that beyond conventional tests where the learned memory contents are written, there are new interactive map tools based on SDI geodata and available to anyone with an internet connection that are more useful for acquiring spatial and digital competences. Currently, nearly 95 % of all under 15 year olds in Spain is connected to the Internet according to Spanish Statisticas Institute figures.

5. CONCLUSIONS

The SDI provides accessibility to a wealth of quality information as well as interoperability. Technological progress, which facilitates interoperability and access to more open data, should promote a steady improvement in data quality, especially now that the current

legislation promotes dissemination, usability and reusability of geographical data. They are also useful for citizens and e-government aims.

SDI will help to provide the necessary and useful geoinformation for the process and final linking of the Cloud and Earth. But it is also necessary to go even further. Geospatial technologies have come to schools using open data and SDI connections serving what we call geodata. They are georeferenced open data. They improve learning quality leading to the acquisition of spatial and digital competencies. This is a clear opportunity to begin the renewal of teaching methods in geography.

The PaikkaOppi or the Digital Spanish Atlas way of learning is very innovative for curriculum objectives. They allow great interaction among students as well as a process development of spatial learning by discovery using the inquiry method (De Miguel et al, 2016a and 2016b).

There are few researching the learning results resulting from this new way of learning. We can conclude that more research on geographical education using interactive web cartography in the cloud is necessary together with a transdisciplinary learning approach based on collaborative and critical learning.

ACKNOWLEDGEMENTS

This work is based on the aims of the project "School on the Cloud: connecting education to the cloud for digital citizenship" (543221-LLP-1-2013-1-GR-KA3-KA3NW) and it is an interesting perpective for the learning line of the project "Developing a learning line on GIScience in education" (GI-Learner) (2015-1-BE02-KA201-012306). We need to thank Martina Kavanag for the English review.

REFERENCES

Baker, T.R., Battersby, S., Bednarz, S.W., Bodzin, A.M., Kolvoord, B., Moore, S., Sinton, D. and Uttal, D. 2015. A Research Agenda for Geospatial Technologies and Learning. *Journal of Geography*: 114 (3): 11–130.

Bernabé-Póveda, M.A. and López-Vázquez, C.M. (Eds.) 2012. *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid.

Buzo, I. 2016. Los efectos territoriales de la crisis. Revista Íber. Didáctica de las Ciencias Sociales, *Geografía e Historia*, 84:31-36.

Carbonell, C., Mejías, M.A., Saorín, J.L., y Contero, M. 2012. Infraestructuras de Datos Espaciales: desarrollo de habilidades espaciales en el entorno del espacio europeo de educación superior. *Boletín de Asociación de Geógrafos*: 58: 157-175. Available an English summarize on:

http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2080/1993 (accessed October 24, 2016)

Del Campo et al. 2012. Spain: Institutional Initiatives for Improving Geography Teaching with GIS (chapter 27) In Milson, A. J., Demirci, A. y Kerski, J. J. eds., *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools*. New York: Springer.

De Miguel, R., and I. Buzo. 2015. School on the Cloud: una perspectiva geográfica (School on the Cloud: A Geographic Perspective). In Hernández Carretero, A.M., García Ruiz,

C.R. y Montaña Conchiña, J.L. (eds.). *Una enseñanza de las ciencias sociales para el futuro: Recursos para trabajar la invisibilidad de personas, lugares y temáticas*; pp. 555–65. Cáceres: Universidad de Extremadura.

De Miguel, R., Buzo, I. and y Lázaro, M.L. de. 2016a. Nuevos retos para la educación geográfica y la investigación docente: el Atlas Digital Escolar. (New challenges for geographical education y researching: The Digital School Atlas), Aportación española al XXXIII Congreso de la UGI (Beijing, 2016). Madrid: Comité Español de la UGI. Available in English:

http://www.age-geografia.es/site/wp-content/uploads/2016/07/crisis_globlalization_UGI_eng_2016_WEB.pdf

De Miguel González, R., De Lázaro y Torres, M.L., Velilla Gil, J., Buzo Sánchez, I. and Guallart, C. 2016b. Atlas Digital Escolar: Internet, geografía y educación. Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales. [En línea]. Barcelona: Universidad de Barcelona, nº 212, 1 de septiembre de 2016. http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-212.pdf

ISSN: 1578-0007.

Favier, T. and Van Der Schee, J. 2012. "Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry-based geography education with Geographic Information Systems". *Computers & Education*, 58(1): 666-677.

González, M.E. 2012. *Las Infraestructuras de Datos Espaciales como un recurso educativo TIC. Estrategias de formación y difusión para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral.

González, M.J. and Lázaro, M.L. de 2011. La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica. *Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales*. [En línea. Acceso libre]. Barcelona: Universidad de Barcelona, nº 148, 1 de junio de 2011. http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-148.htm

Iniesto, M. and Núñez, A. (eds.). 2014. *Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: Instituto Geográfico Nacional y Centro Nacional de Información Geográfica.

Kerski, J.J. 2011. Sleepwalking into the Future – The Case for Spatial Analysis Throughout Education en Jekel, T, Koller, A., Donert, K. & Vogler, R. (Eds.) *Learning with GI 2011*. Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH, Berlin/Offenbach.

Koutsopoulos, K. and Papoutsis, P. 2016. School on Cloud: Transforming education *Educational Policy Analysis and Strategic Research*, 11 (1), 31-46.

Lázaro, M.L., De Miguel, R. and Buzo, I. 2016. Outdoor Learning and Geography on the Cloud: A Challenge for the European "School on the Cloud" Network. *The International Journal of Technologies in Learning*: 23 (3): 1-13. DOI: 10.18848/2327-0144/CGP. © Common Ground Publishing.

Lázaro, M.L., Izquierdo, S. and González, M.J. 2016. Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria (Geodata and landscape: from the Cloud to Lectures). *Boletín de la*

Asociación de Geógrafos Españoles: 70: 371–391. doi:10.21138/bage.2175. English summary is available at:

http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/view/2245 (accessed October 24, 2016)

Lázaro, M.L., De Miguel, R. and Buzo, I. 2017. El proyecto School on the Cloud: lecciones aprendidas (School on the Cloud project: lessons learned) *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, 10: 345-362.

Lee, M. and Son, Y. (2013). A Study of Learning System for Smart Learning using BYOD. en Advances Researches on Software Technologies. SoftTech 2013, ASTL Vol. 19, pp. 106 – 111.

Milson, A.J., Demirci, A. and Kerski, J.J. (Eds.) 2012. *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools*. New York: Springer.

Muñiz, O., Solem, M. and Boehm, R. 2016. *Learning Progressions in Geography Education: International Perspectives*. New York: Springer.

National Research Council (Ed.). 2006. Learning to think spatially. Washington DC: National Academic Press Roche.

Riihelä, J. and Makki, S. 2015. "Designing and Implementing an Online GIS Tool for Schools: The Finnish Case of the PaikkaOppi Project". *Journal of Geography*, 114:1, 15-25, DOI: 10.1080/00221341.2014.897362

Zwartjes, L. 2012. Creating a learning line in education, GIS-education: Where are the boundaries? - *8th European GIS Education Seminar proceedings* (Hubeau, M., de Bakker, M., Toppen, F., Reinhardt, W., Steenberghen, T., Van Orshoven, J. Eds.). EUGISES, Leuven, http://ees.kuleuven.be/eugises12/eugises12-seminar-proceedings.pdf

Zwartjes, L. 2014. The need for a learning line for spatial thinking using GIS in education. In R. de Miguel and K. Donert, (Eds.), *Innovative Learning Geography. New challenges for the 21st Century* (pp. 39-63). Newcastle-upon-Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

Zwartjes, L., Lázaro, M.L. De; Donert, K.; Buzo, I.; De Miguel, R. y Wołoszyńska-Wiśniewska, E. 2016. *Literature review on spatial thinking*. GI-Learner project.

Conclusiones parciales del artículo n.º 1

El profesorado es poco o nada consciente de las posibilidades de los datos abiertos que ofrecen las Infraestructuras de Datos Espaciales, cuyo mantenimiento es responsabilidad de organismos oficiales. Las IDE ofrecen una serie de características: accesibilidad, calidad, interoperabilidad, que hacen que los geodatos de las mimas sean una fuente rica de conocimiento para la práctica docente del profesorado.

Las IDE son posibles gracias a la tecnología que se puede emplear con ellas en las aulas de Geografía, sobre todo, SIG en la Nube o visores cartográficos, ofrecidos por las propias instituciones que se encargan del mantenimiento y actualización de dichos servicios. Estos hitos hacen que se abra un campo lleno de posibilidades en la renovación y actualización de las estrategias pedagógicas en la educación geográfica.

Se destacan iniciativas que emplean las IDE, como la finlandesa PaikkaOppi o el Atlas Digital Escolar, las cuales promueven a los estudiantes en la adquisición de competencias digitales y geoespaciales, ya que emplean una tecnología que se basa en la visualización de los datos procedentes de las IDE, colaborando en la construcción de mapas Web, que desarrollan habilidades de colaboración y pensamiento crítico en los estudiantes.

Artículo n.º 2. Álvarez Otero, Javier y Lázaro Torres, María Luisa de (2019). "Las infraestructuras de datos espaciales, un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* (82), 2787, 1-32. https://doi.org/10.21138/bage.2787 ISSN: 2605-3322.

El artículo n.º 2 presenta la investigación cualitativa a través de la técnica Delphi, realizada a expertos en IDE y usuarios (investigadores, técnicos y docentes), dando respuesta a las cuestiones planteadas en la Hipótesis n.º 2: El conocimiento sobre el territorio, con los datos aportados por los servicios de las IDE, mejora su comprensión por parte de los estudiantes. Se defiende que los datos abiertos ofrecidos gratuitamente por los geoportales de las IDE y actualizados en tiempo real por los organismos responsables de los mismos son una valiosa herramienta para un mejor conocimiento territorial desde la educación.

Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 82
eISSN: 2605-3322

Cómo citar este trabajo: Álvarez Otero, J., & de Lázaro y Torres, M.ª L. (2019). Las infraestructuras de datos espaciales: un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 82,* 2787, 1–32. http://dx.doi.org/10.21138/bage.2787

Las infraestructuras de datos espaciales: un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía

Spatial data infrastructures: a challenge and an opportunity for teaching geography

Javier Álvarez Otero
javier.alvarez.otero@ucm.es
Doctorando
Universidad Complutense de Madrid (España)

María Luisa de Lázaro y Torres
mllazaro@geo.uned.es
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED) (España)

Resumen

La creciente importancia de los datos como materia prima exige al docente prestar una mayor atención a los mismos. Los servicios y visores de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), mantenidos por los organismos públicos responsables de ellos, ofrecen una gran riqueza de datos geográficamente referenciados o geodatos, lo que constituye un excelente recurso docente. Esos datos son libres, abiertos, ofrecen la ventaja de su calidad, interoperabilidad, transparencia, reutilización, facilidad de acceso y actualización, a veces en tiempo real, y con ellos, el estudiante puede alcanzar una comprensión del territorio más precisa. Se ha valorado la utilidad de su empleo a través de la técnica Delphi. Con ella, se ha reunido una gran riqueza de información aportada por expertos en IDE y usuarios (investigadores, técnicos y docentes), cuyo análisis ha permitido concluir que, a pesar del interés de los datos existentes en las IDE para la comprensión del territorio, existen barreras todavía que frenan su empleo, principalmente derivadas de su complejidad.

Recepción: 13.03.2019 **Aceptación:** 03.07.2019 **Publicación:** 29.07.2019

Este trabajo se publica bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Palabras clave: Geografía; aprendizaje basado en el territorio; Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE); Técnica Delphi; geodatos.

Abstract

The increasing importance of data as raw material means teachers should pay them more attention. The services and viewers on the Spatial Data Infrastructures (SDI), maintained by the public bodies responsible for them, offer a wealth of geographically referenced data (geodata), which constitutes an excellent teaching resource. These data are free as well as open. They offer the advantage of quality, interoperability, transparency, reuse, ease of access and updating, sometimes in real time. The student can achieve a more accurate understanding of the territory because of the data. The Delphi technique has been used. It has been possible to gather valuable information provided by researchers, technical experts in SDI, and teachers, experienced in using data from SDI. The results obtained with this technique make it possible to confirm that despite the interest of the SDI for the understanding of the territory, the use of SDI is still to come, since the tools that facilitate the path are still complex, as can be deduced from formulating the barriers that hinder its use.

Key words: Geography; territory-based learning; Spatial Data Infrastructures (SDI); Delphi Technique; geodata.

1 Introducción

El ingente incremento de datos georreferenciados, y por tanto de interés para la geografía, accesibles a la ciudadanía en general y al profesorado en particular, obliga a los docentes a plantearse cómo realizar un mejor aprovechamiento de los mismos, desde los niveles educativos de enseñanza secundaria. Bednarz y Van Der Schee (2006) basan su empleo en cuatro pilares: la formación del profesorado, disponer de software y de equipamiento adecuado, la existencia de una comunidad de aprendizaje que apoye al profesorado y su inclusión en el currículum de secundaria.

Este planteamiento refuerza la necesidad de formar al profesorado y al alumnado en el empleo de los datos abiertos y gratuitos (Rivas-Rebaque et al., 2019), cuya importancia temática y precisión temporal se completa con su ubicación en el territorio, surgiendo así el geodato (Lázaro, Izquierdo & González, 2016) ofrecido por las IDE. Las IDE son: "un Sistema de Información Geográfica o SIG abierto implementado sobre la Red, con todo lo que ello conlleva: componentes distribuidos, interfaces estándares, interoperabilidad, coordinación, acceso a los datos, capacidad de análisis como objetivo" (Bernabé-Poveda & López-Vázquez, 2012). Se alojan en un geoportal, al que se accede vía Internet. Sus características y prestaciones pueden variar de un país a otro (Vancauwenberghe et al., 2018). Ofrecen la ventaja de su calidad, interoperabilidad, transparencia, posibilidad de reutilización y la facilidad de acceso y actualización, a veces en

tiempo real. Estos datos se ponen a disposición de la ciudadanía por los organismos públicos que los crean, impulsados por la Directiva INSPIRE de la UE (2007) y su política de datos abiertos, desarrollada por la ley sobre las infraestructuras y los servicios de información geográfica en España (LISIGE, 2010).

El potencial de la información geoespacial y su interés para la ciudadanía han sido señalados, no sólo como un tipo de información fundamental para la toma de decisiones y la gestión (Muro-Medrano, 2012), sino como una vía para potenciar las *smart cities* o ciudades inteligentes (Roche, 2014) y también para el desenvolvimiento profesional (agricultura de precisión, arqueología, transporte, prospección de recursos naturales y estudios ambientales, entre otros muchos). El manejo de los datos adecuados refuerza un conocimiento territorial, fiable y preciso, que permite el desarrollo de la habilidad de explorar y visualizar el mundo real y sus problemas críticos (cambio climático, desastres naturales y su recuperación, para después responder a la conservación) (Tsou & Yanow, 2010). Así, una sólida formación espacial, en la que los geodatos de las IDE sean un elemento esencial, facilitará a los estudiantes, futuros ciudadanos, el responder científicamente a cuestiones ambientales y sociales propias del siglo XXI.

Como punto de partida, se ha constatado que los geodatos de las IDE son generalmente desconocidos y muchas veces ignorados por docentes y estudiantes de geografía, lo que refuerza la importancia del trabajo que se presenta. El único contacto con las IDE se produce en algunos másteres en Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) y en asignaturas sobre los Sistemas de la Información Geográfica (SIG), en algunos grados relacionados con la Geografía y la Ordenación del Territorio u otras ciencias del territorio, lo que tiene como consecuencia que apenas se utilicen en la enseñanza secundaria. De hecho, en las actas de los congresos de geografía y de didáctica de la geografía españolas de los últimos años en ningún caso se llegan a citar en más de un 10% de las comunicaciones presentadas. Aunque a veces se emplean las IDE a través de distintas aplicaciones, el usuario no siempre es consciente de ello o no lo menciona de forma explícita.

Así, el desarrollo de las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE), propiciadas por la revolución tecnológica, ofrece una oportunidad, a través de su conocimiento y su empleo, para mejorar capacidades espaciales y digitales (Álvarez & Lázaro, 2017), no sólo en la formación inicial del profesorado desde la universidad, que facilitaría su empleo en las aulas de secundaria, sino también en el profesorado universitario que forma a la ciudadanía impartiendo distintas materias relacionadas con el territorio.

Las IDE ofrecen un catálogo de datos referenciados en el territorio bajo la normativa y los servicios del *Open Geospatial Consortium* (OGC), empleando estándares que permiten el acceso a los datos mediante descarga directa o mediante una conexión a un servicio OGC (González & Lázaro, 2011).

Las descargas directas en local permiten la visualización de los datos utilizando algún Sistema de Información Geográfica. Esta visualización es también posible mediante la conexión a los servicios de datos OGC *Web Map Service*, abreviadamente WMS (el Catastro fue el primero en emplearlo) o el WMTS, que ofrece las mismas prestaciones, pero a través de teselas o *tiles* que al "partir en trozos" la cartografía aceleran su carga en los visualizadores. También integra servicios de descarga, que permiten, además de visualizar, bajar al ordenador en local datos vectoriales (*Web Feature Service*, WFS) y datos ráster (*Web Coverage Service*, WCS). Otros servicios permiten consultar catálogos de datos (*Web Catalogue Service*, CSW). El número de servicios ofrecidos en las IDE sigue creciendo e implementándose y su exhaustiva enumeración escapa al objetivo de estas páginas.

Los servicios IDE, por su propia naturaleza abierta, son accesibles a través de diversas vías y plataformas, como por ejemplo los visores del Instituto Geográfico Nacional (IGN), los globos virtuales y los SIG en la nube o SIGWebs.

A continuación vamos a exponer algunas iniciativas docentes que emplean las IDE, como antecedente al trabajo presentado. Abordaremos después la metodología empleada en la investigación sobre la utilidad de las IDE para aprender geografía, para seguir con la presentación de los resultados y una reflexión sobre los mismos en el apartado de recomendaciones y discusión para terminar con las conclusiones.

2 Antecedentes: propuestas docentes que inician el empleo de las IDE

En los últimos años se ha incrementado la investigación sobre la utilidad de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC) para aprender Geografía en la enseñanza secundaria, como se puede observar en la única revista española especializada en la enseñanza de la Geografía, Didáctica Geográfica, que de un 6 % de artículos dedicados a las TIC (Sebastiá & Tonda, 2011), pasa a un 15 % (Tonda & Sebastiá, 2013) dos años después. Además, existe un creciente número de trabajos fin de máster sobre el empleo de las TIC en la enseñanza de la geografía (Pérez Rendo, 2013; Sanchez Cabielles, 2014; Marco Dols, 2016 entre otros muchos) y diversas investigaciones aplicadas a la enseñanza secundaria buscando funcionalidades SIG en *Google Earth* (Patterson, 2007; Bonis Vázquez, 2015) empleando habilidades de indagación. En ninguno de estos casos se habla de la integración de las IDE y sus geodatos.

2.1 Herramientas de uso generalizado por los docentes que posibilitan el empleo de las IDE

Las IDE son una pequeña parte de las TIG (Nieto, 2016) y su empleo en el proceso de enseñanza y aprendizaje no es un hecho siempre consciente, ya que algunos visores ofrecen parte de los geodatos de los servicios IDE, sin necesidad de que el usuario tenga que establecer una conexión

específica a los servicios OGC. Esta es la filosofía de la plataforma finlandesa PaikkaOppi (Houtsonen et al., 2014; Riihelä & Mäki, 2015), diseñada para su empleo en las clases de Geografía en niveles no universitarios. Ofrece datos territoriales de Finlandia, fiables y periódicamente actualizados por el organismo responsable de los mismos. Además, prevé su uso en las pruebas de acceso a la universidad en los próximos años, con la finalidad de alcanzar un modelo docente en el que el estudiante sea capaz de comunicar lo que ha aprendido, más allá del tradicional examen.

Por otra parte, algunas de las IDE de las Comunidades Autónomas están integrando IDE didácticas, como es el caso de Aragón, que se ofrece cómo "la solución tecnológica desarrollada por el Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR) que tiene como objetivo, difundir y promover el conocimiento del territorio aragonés así como el desarrollo de la competencia espacial del ciudadano" (https://idearagon.aragon.es/geojuegos/htm/es/index.html), y la IDE de Extremadura, con una parte destinada a escolares llamada IDE Didáctica (http://www.ideex.es/IDEDidacticaVisor/).

Los visualizadores del IGN (Iberpix, CartoCiudad o SignA), los globos virtuales (como Google *Earth*) u otros tipos de plataformas en la nube, como los SIG en la nube o SIGWeb, permiten una visualización directa de contenidos básicos que están en la base de datos IDE. A ellos se pueden añadir otras muchas capas de datos mediante la conexión a un servicio OGC, generalmente WMS y WMST; otros datos previamente descargados de las IDE y datos propios. Sin embargo, extendidas aplicaciones de Google no dan la opción de conectarse a los servicios OGC, a pesar de permitir integrar otros datos, como sucede con *Google Maps* o *MyMaps*, que sólo permite añadir datos desde determinados formatos de ficheros (CSV, de una hoja de cálculo o KML).

Otra opción empleada son los atlas de uso educativo, conectados a las IDE, y a otros sistemas, como el diseñado en Ucrania (Chabaniuk, & Rudenko, 2019), que da continuidad a los trabajos en los Países Bajos de Aditya (2007) y Köbben, (2013), y el recientemente publicado en línea Atlas Nacional de España Interactivo (IGN, 2019).

Existen aplicaciones para dispositivos móviles que integran los servicios IDE de forma intuitiva y útil, diseñadas principalmente para el trabajo de campo como, por ejemplo, "Mapas de España" del IGN para Android, que emplea la tecnología *Oruxmaps*, con las funcionalidades de un terminal de GPS y además pone a disposición del usuario una valiosa cartografía, las imágenes aéreas del Plan Nacional de Ortoimágenes y la opción de añadir otras capas de información de las IDE a través de los servicios OGC. De ella se ha derivado la aplicación "Mapas de España Básicos", de manejo más sencillo, pensado para escolares. Otro ejemplo es la aplicación "Naturaleza MAPAMA", que ofrece los datos de la IDE del Banco de Datos para la Naturaleza poniendo a disposición de forma

abierta y gratuita el Inventario Español del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad, lo que permite trabajar en las aulas, por ejemplo, sobre las figuras de protección, su origen y su razón de ser.

Hemos visto que no todos los visores de mapas en la web cuentan con la opción de conectarse a un servicio OGC que permita el acceso a las bases de geodatos ofrecidos por las IDE. Y tampoco está garantizado que se empleen las IDE en el creciente uso de los Sistemas de Información Geográfica en las aulas de secundaria (Milson, Demirci & Kerski, 2012; Del Campo et al., 2012).

2.2 Experiencias docentes empleando las IDE

Vamos a realizar un breve repaso de las iniciativas docentes que destacan por integrar las IDE en la enseñanza secundaria.

Una de las primeras iniciativas que surgen en torno a las IDE fue un curso de formación para el profesorado organizado e impartido por el IGN en los años de creación de la IDE de España (IDEE) y su geoportal. Sin embargo, no hubo muchos docentes sensibilizados con su integración en las aulas como un recurso educativo más.

La tesis doctoral de María Ester González (2012) ha sido una de las primeras en esta línea de investigación, en ella se expone la posibilidad de emplear las IDE con una técnica docente concreta, el aprendizaje basado en problemas (ABP). Argumenta su utilidad en base a las exigencias de mejora de las competencias TIC en el mundo educativo.

El Portal Educativo en Sistemas de Información Geográfica, PESIG (Boix & Olivella, 2007) de Cataluña, que se presenta destinado a los docentes, integra, en algunas de sus actividades de formación, el empleo de las IDE, explicando pormenorizadamente cómo conectarse a un servicio WMS o WMST con la finalidad de visualizar imágenes. De este modo, se emplean los servicios IDE como un recurso más, sin que sea el elemento central de las actividades propuestas. Este proyecto busca un aprendizaje activo y significativo. El programa que se utiliza es gvSIG, software libre mayoritariamente empleado en el proyecto internacional *Geo for all,* que fomenta el uso del software libre en educación para el conocimiento territorial (*geospatial education*).

Posteriormente, las SIGWeb, están presentes en mayoría de las experiencias docentes, tanto en la enseñanza secundaria como en la formación de su profesorado. Podemos destacar el Atlas Digital Escolar (De Miguel et al., 2015, 2016) impulsado por la Universidad de Zaragoza empleando ArcGIS Online TM, Esri®, que en algunos mapas emplea los servicios OGC de visualización (WMS y WMST) integrados en la plataforma. Con los mapas elaborados se promueve la observación, el método indagatorio de aprendizaje y el aprendizaje por descubrimiento (Buzo, 2015). La misma herramienta SIGWeb la emplea el grupo de innovación educativa "Aprender con mapas", creado por los tres docentes de secundaria del Mapa Digital Escolar, que obtuvieron el XXXI Premio "Francisco Giner de los Ríos", Área de Humanidades y Ciencias Sociales, otorgado a

esta metodología de trabajo (Buzo, 2016). La misma herramienta se emplea en algunas de las *lessons plan* del proyecto europeo GI Learner (Zwartjes & Lázaro, 2019, p. 51) y en el grupo de innovación e investigación docente de la Universidad Nacional de Educación a Distancia *(MapsOnline*) dirigido por la Dra. Lázaro, dedicado al profesorado universitario de geografía y otras ciencias territoriales y a la formación inicial de los docentes de secundaria.

La teoría del juego aplicada a la Geografía (Martínez Cebolla at al., 2017), emplea la IDE de Aragón. También las iniciativas de educación ambiental en Polonia (Pokojski et al., 2018), consideran imprescindibles las IDE para un mejor conocimiento del territorio.

Una opción escasamente explorada es el Sistema de Información Geográfica Nacional SignA, nodo natural de la Infraestructura de Datos Espaciales de España (IDEE), con el que se ha realizado una propuesta de actividades integradas en el curriculum (Lázaro, Álvarez & González, 2016). El que no esté generalizado su empleo se puede explicar porque no ha sido diseñado específicamente para escolares, aunque cuenta con un creciente número de tutoriales volcados por el IGN en YouTube. Tampoco se usa en las aulas la conexión WMS de *Google Earth*, a pesar del gran número de propuestas de actividades geoespaciales para secundaria (Luque, 2011; López et al., 2013).

Ninguna de las iniciativas citadas se ocupa del horizonte futuro ni valora las barreras que dificultan la usabilidad de los geodatos de las IDE en la docencia. Entendiendo por usabilidad la facilidad de uso del producto en aspectos como consistencia o tiempo de respuesta (Jiménez, Yépez & Vázquez, 2014).

3 Objetivos y metodología

Demostrar la potencialidad de los servicios IDE como recurso de datos geográficos primarios y de calidad, para su aprovechamiento en el proceso de enseñanza-aprendizaje, en la formación del profesorado y en las aulas de secundaria, es el objetivo principal de este trabajo. Con ello se pretende que el aprendizaje derivado de la interacción entre la nube y la realidad territorial facilite la creación de un pensamiento espacial crítico (Kerski, 2008; Cook et al., 2014) que debería conducir a incrementar la responsabilidad social sobre el territorio (Álvarez & Lázaro, 2017).

Se ha considerado la técnica Delphi como la más adecuada por su facilidad para valorar el interés por un tema, en este caso la utilidad del empleo en la docencia de las IDE, tanto en la formación del profesorado como en los estudiantes de secundaria a los que se imparta docencia. Facilita realizar pronósticos definiendo escenarios futuros y seleccionar las variables de interés o ítems, entre otros muchos posibles resultados de investigación a obtener (Cabero & Infante, 2014). Además, agiliza la consulta a expertos, en este caso conocedores y usuarios de las IDE, cualquiera

que sea su lugar de residencia, haciendo viable el trabajo grupal por su flexibilidad de responder en cualquier momento y desde cualquier lugar.

3.1 La técnica Delphi

Se han seguido los parámetros metodológicos en los que López-Gómez (2018) resume la técnica: selección y conformación del panel de expertos (número de expertos y calidad del panel), proceso iterativo en rondas y criterios a considerar para la finalización del proceso cuando se llega a un consenso.

La técnica se inicia con la formulación de una o varias preguntas clave en formato abierto y cualitativo, que será la cuestión inicial sobre la que los expertos se deben pronunciar. A raíz de las respuestas obtenidas, la técnica permite elaborar rondas sucesivas de preguntas (retroalimentación controlada) (Gross, Hakim & Weinblatt, 1983), en un formato cerrado, tipo cuestionario. Por lo que podemos afirmar que es una técnica que se inicia en formato cualitativo y termina en formato cuantitativo.

La independencia de las opiniones de cada uno de los expertos se garantiza por el anonimato entre ellos, el empleo del correo electrónico para la primera ronda, y los cuestionarios en los formularios de Google Drive para los ítems que se van reformulando a raíz de la retroalimentación recibida. Así, la respuesta estadística del grupo se obtiene a través de sus opiniones, argumentos y respuestas, sin la influencia de unos sobre otros, quedando reflejado su grado de acuerdo o desacuerdo (consenso) en los resultados finales de forma anónima (Landeta, 2002; Astigarraga, 2003).

3.2 Selección y conformación del panel de expertos

Se ha considerado esencial, para los resultados del trabajo, un perfil de informante conocedor y usuario de las IDE en una vertiente docente (formador del profesorado, profesor de universidad o de enseñanza secundaria) o en su desenvolvimiento profesional, es decir que empleara visores o servidores alimentados de sus servicios.

Un cuestionario pasado a más de un centenar de asistentes en varios cursos de formación de profesores de secundaria, pretendió ser la herramienta para la selección inicial de panelistas, pero ante el desconocimiento y la falta de preocupación en relación a las IDE de los mismos, fue necesario seleccionar expertos buscando evidencias de su empleo en su trayectoria profesional, docente e investigadora (publicaciones científicas, en ocasiones específicas para la formación del profesorado y cursos de formación impartidos) (Tabla 1).

Tabla 1. Perfil profesional de los panelistas (todos ellos usuarios IDE)

PERFIL DE INFORMANTE	NÚMERO
Docente de secundaria	2
Docente universidad, formador del profesorado de secundaria	3
Docente universidad	8
Otros perfiles (investigador, técnico…)	2
TOTAL	15

Fuente: elaboración propia

La literatura existente sobre la técnica Delphi considera, en función del objeto de investigación, una horquilla entre 10 y 15, 10 y 18 o entre 15 y 30 (López-Gómez, 2018, p. 23; Dimitrijević, 2012, p. 402; Ruiz Olabuénaga, 2012, p. 265) expertos por panel, considerando en éste a personas lo más cualificadas posible para el objeto de estudio. Por tanto una selección de 15, entre aquellos que cumpliendo las condiciones buscadas, accedieron a participar en el estudio hasta su finalización (se inició la primera ronda en marzo de 2017 y se terminó el proceso en diciembre del mismo año), se presenta como adecuada y suficiente. En ella, se ha procurado un perfil variado, tanto por el lugar de trabajo (10 informantes de España - 7 Madrid, 1 León, 1 Zaragoza y 1 Badajoz-, 2 América del Sur, y 1 Hungría), como por el abanico de edades y género (73 % varones y 26 % mujeres). El encuestado más joven tenía al inicio de la primera ronda 26 años, y el mayor 70 años (Tabla 2).

Tabla 2. Edad y años de experiencia en IDE de los panelistas

PERFIL PANELISTAS	MEDIA	MODA	MEDIANA	DESVIACIÓN TÍPICA	VALORMIN	VALORMAX
Edad	51,29	--	49,5	13,37	26	70
Trabajo en IDE	12	15	15	4,74	1	15

Fuente: elaboración propia

3.3 Cuestiones iniciales abordadas y proceso iterativo de rondas

Las preguntas iniciales tienen la finalidad de detectar la utilidad de las IDE en la enseñanza y aprendizaje de la geografía, las necesidades de formación del profesorado para su empleo en las aulas a partir de lo que los estudiantes deberían aprender y la metodología docente aconsejada

para todo ello. Todas ellas son preguntas abiertas, dejando además una cuestión adicional para que sea posible añadir lo que los panelistas consideren oportuno. La formulación ha sido la siguiente: partiendo de la base de que usted conoce lo que es una Infraestructura de Datos Espaciales (IDE), estamos estudiando su utilidad en el aprendizaje de la geografía en las enseñanzas no universitarias (Enseñanza Secundaria): i. ¿Cree usted que son útiles para aprender Geografía? Argumente la respuesta; ii. ¿Qué formación deberían adquirir los estudiantes para apreciar/ integrar la potencialidad de las IDE en su aprendizaje?; iii. ¿Qué tipo de metodología docente puede ser la más adecuada para impulsar las IDE en las aulas?; iv. Otras observaciones, comentarios o recomendaciones que quiera hacernos llegar.

Los resultados obtenidos de la cuestión inicial planteada se exponen en el apartado de la primera ronda. Después se reformulan esos resultados en un formato de encuesta de respuesta cerrada en sus ítems (si, no y no sabe o no contesta por sus iniciales, ns/nc), si bien se deja la opción, en todas las cuestiones, de añadir información cualitativa. Para la cuestión relativa a las acciones formativas se solicita una jerarquización de las seis acciones aportadas en la ronda anterior. Las cuestiones de esta segunda ronda se plantean en cuatro secciones relacionadas con los resultados de la primera: y con los mismos títulos. i. utilidad de las IDE; ii. Formación que deberían adquirir los estudiantes para integrar la potencialidad de las IDE en su aprendizaje; iii. metodología docente para impulsar el empleo de las IDE en las aulas; iv. últimas cuestiones de recogida del consenso. Estos resultados se recogen en el apartado de la segunda ronda.

Dada la polarización en las respuestas obtenidas en la segunda ronda, no se ha considerado necesaria una tercera ronda, siguiendo las indicaciones de Astigarraga (2003):

> aunque la formulación teórica del método Delphi propiamente dicho comprende varias etapas sucesivas de envíos de cuestionarios, de vaciado y de explotación, en buena parte de los casos puede limitarse a dos etapas, lo que sin embargo no afecta a la calidad de los resultados tal y como lo demuestra la experiencia acumulada en estudios similares.

4 Resultados del proceso iterativo de rondas

4.1 Primera ronda

Las respuestas de la primera ronda se resumen ratificando la argumentación, en algunas de ellas con las frases textuales de los panelistas.

a) Utilidad de las IDE

Se considera que las IDE son útiles en general, y también provechosas y beneficiosas para el aprendizaje de la geografía. Además, los datos de calidad (precisos y actualizados) que ofrecen se emplean frecuentemente en el desenvolvimiento profesional, facilitan la comprensión de conceptos

geográficos y favorecen un conocimiento espacial que permite proponer soluciones a los problemas territoriales.

Las siguientes palabras textuales de los panelistas desarrollan la idea de su utilidad:

> Permiten conocer el territorio y analizar diferentes temas desde un punto de vista espacial, entender comportamientos, sacar conclusiones y proponer soluciones a los problemas.
>
> Los estudiantes necesitan saber que en su vida profesional deberán usar en muchos momentos datos geográficos, por ello, es relevante que se enseñen las IDE y su forma de manejo.
>
> Sin duda, son muy útiles para aprender geografía. Los mapas son la principal herramienta del geógrafo, son la mejor forma de expresar los resultados de sus análisis, de las distribuciones y las relaciones de los fenómenos estudiados en el espacio. Las IDE ponen a disposición de los usuarios una ingente cantidad de mapas y de datos asociados a esos mapas. Poder usarlos, para enseñar y aprender geografía, es no ya útil, sino fundamental. La capacidad que tienen las IDE para hacer además atractiva la clase de geografía en las aulas, tanto de colegios como institutos, no puede ser desaprovechada.
>
> Las Infraestructuras de Datos Espaciales, como el resto de Infraestructuras, están diseñadas y promovidas para facilitar a los usuarios el acceso a la información Geográfica (...) Partiendo de esta premisa, hoy es más sencillo encontrar, acceder y usar las fuentes de información geográfica disponibles. Además las organizaciones y agencias responsables de los datos están viendo la necesidad de avanzar en esta línea en un entorno cada vez más global y competitivo.
>
> (Las IDE) ponen al servicio de los profesores las herramientas y los datos a través de los que se pueden explicar los conceptos teóricos de la disciplina. Los servicios de mapa (WMS, WFS, WCS o el catálogo de datos) proveen de información y de datos actualizados de calidad, que beneficia el aprendizaje de los alumnos y alumnas con datos de plena actualidad y calidad. Además, la interactividad que ofrecen estas plataformas, la posibilidad de descarga y manipulación de datos con software GIS (SIG), convierten a las IDE en herramientas fundamentales hoy en día para que el alumno aprenda de forma práctica. Ayudan a fijar los conceptos teóricos y por tanto, mejoran la calidad de la enseñanza.
>
> El acceso a información geoespacial precisa y actualizada va a contribuir de forma significativa a una mejora de las tareas y proyectos de todos los profesionales

> relacionados con el territorio (geografía, topografía, ingeniería, urbanismo, medio ambiente, etc.). También va a permitir aumentar el nivel informativo de los ciudadanos sobre su territorio en el contexto de la nueva sociedad de la información digital.

Sin embargo, a pesar de la unanimidad existente en torno a la utilidad de las IDE en general y de que el 81,25 % de los panelistas están a favor de su empleo en las aulas de secundaria, el 18,75 % no ve la utilidad de las mismas como recurso educativo en niveles no universitarios tal y como se conciben y se ofrecen hoy en la Red. Por ello, consideran que su empleo se debe hacer en niveles educativos más avanzados y más relacionados con la profesión, lo que argumentan del siguiente modo:

> (...) la usabilidad de los geoportales es muy mejorable y no me extraña que si alguien entra salga corriendo. Desde luego, el interfaz no está pensado para escolares.
>
> Las IDE actualmente son utilizadas por grupos de usuarios muy específicos, que generalmente tienen relación directa con la información geográfica. La posibilidad de que las IDE sean utilizadas por usuarios sin formación en materia de información geográfica, es decir, por la ciudadanía en general resulta un objetivo muy ambicioso que requiere que los geoportales IDE cumplan los mínimos parámetros de usabilidad y sean rediseñados considerando los distintos perfiles de usuario (desde principiantes hasta expertos) que pueden hacer uso de las mismas.

Algunos panelistas, no sólo lo consideran una útil herramienta de aprendizaje, sino una fuente esencial de datos geográficos que un ciudadano del siglo XXI debería conocer:

> (...) herramienta de aprendizaje para los alumnos, pero también objeto de estudio. En la era digital, los conocimientos espaciales son inherentes a la informática: es indispensable hacer ver a los alumnos la importancia de manejar correctamente las T.I.G. y los geodatos.

Uno de los profesores de secundaria argumenta que su utilización es fundamental no sólo para trabajar contenidos geográficos, sino también por la oportunidad de trabajar competencias y enumera todas y cada una de las acciones para adquirir las competencias recogidas en la legislación actual del currículum de secundaria empleando las IDE.

b) Formación que deberían adquirir los estudiantes para integrar la potencialidad de las IDE en su aprendizaje

Algunos de los panelistas centran la formación básica en los conceptos de cartografía digital y señalan como elementos a considerar: comprender cómo se estructura la información geográfica, manejar con soltura los sistemas de referencia, introducir las Tecnologías de la Información Geográfica (TIG) incluyendo qué es un Sistema de Información Geográfica (SIG) y diferenciar al

menos un SIG de escritorio y un SIG en la nube. Así, es esencial el manejo de algún software, visor cartográfico o globo virtual que permita acceder a los datos de los servicios de las IDE. Con ellos se debería introducir al alumnado al conocimiento de los geodatos y a cuestiones como la calidad del dato y la fiabilidad de la IDE en la que se origina.

A esta formación esencial, se han añadido otros ítems considerados necesarios para que el estudiante sea capaz de crear cartografía digital e interactiva: aprender a seleccionar las capas que se quiere visualizar en su mapa; realizar operaciones básicas tales como asociar el zoom al cambio de escala, nortear el mapa, volver a centrar el mapa, etc.; aprender a diferenciar los tipos de IDE y seleccionar la información geográfica correcta; realizar los mapas con el empleo de las IDE como recurso para su creación, así como saber interpretarlos; conocer los componentes de una IDE (catálogo de metadatos, nomenclátor, visualizaciones de mapas, etc.) y saber que los servicios que ofrece están estandarizados para que cualquier programa o software sea compatible con los mismos; practicar y conocer el geoportal IDEE y los de la propia región, para familiarizarse con los visualizadores y los centros de descargas; valorar e incorporar las Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE) como un buscador de información geográfica al aprendizaje cotidiano, al igual que emplean, por ejemplo, la cartografía de Google.

c) Metodología docente para impulsar el empleo de las IDE en las aulas

Se habla de plantear casos prácticos para que sean resueltos por los estudiantes, empleando guiones de trabajo orientativos. Se considera que al ser una herramienta apenas empleada en secundaria hasta el momento, es importante que el profesorado se familiarice con ella previamente. Los métodos docentes que citan los panelistas son: el aprendizaje basado en proyectos, el trabajo de campo, el estudio de casos prácticos, el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje geográfico por descubrimiento basado en SIG (método inductivo), la gamificación, la combinación de teoría seguida de la correspondiente práctica en la clase o método demostrativo, el aprendizaje basado en mapas, la *flipped classroom* o clase invertida, los seminarios en el aula de informática y el método de investigación o de indagación. Todas estas estrategias pedagógicas tienen en común que responden a la metodología activa, que es la unánimemente defendida.

d) Otras observaciones, comentarios o recomendaciones aportadas

Curiosamente la mayoría consideran alguna actividad práctica para que el alumnado pruebe la usabilidad de las IDE, es decir que se invita a que se enfrenten a su empleo y a aprender haciendo o *learning by doing*, lo que Labouta y otros (2015) consideran la base del pensamiento científico de los discentes. Se aconseja realizar un recorrido por las IDE de todas las escalas (internacional, estatal, autonómica y local) y realizar alguna actividad con las mismas, y si alguna IDE dispone de apartado didáctico, como apuntan que sucede en la de Extremadura, que se aproveche el mismo y se valore. Se aporta el enlace al informe final del proyecto "Usabilidad de Geoportales IDE"

(González, 2015), que "resume los resultados de la prueba de usabilidad realizada con 84 usuarios de 5 países que dejan en evidencia las dificultades que presenta el uso del geoportal IDE y en particular del visualizador de mapas"; y también nombres de instituciones y de docentes que están trabajando en este campo. Finalmente, se sistematizan las formas sugeridas de introducir las IDE en tres: i clase magistral; ii unidad didáctica orientada y dirigida por el profesor; iii método indagatorio siguiendo el modelo de Kerski (2011), que se inicia con el planteamiento de preguntas geográficas, se recoge información de diversas fuentes, que luego se organiza y analiza para responder a las preguntas y por último se actúa en consecuencia, con responsabilidad, aplicando el conocimiento adquirido.

Otros panelistas, alejados de la docencia en secundaria, hablan de la importancia de la voluntad política para impulsar su empleo:

> Creo que es fundamental contar con un apoyo político fuerte para desarrollar estrategias de aprendizaje que utilicen las IDE, lo mismo que contar con técnicos motivados que lideren el proceso. Si la propia iniciativa IDE incluye líneas de acción en este sentido, mucho mejor (idealmente, acciones coordinadas entre las IDE y las Administraciones de Enseñanza). También contar con herramientas tecnológicas adaptadas a tales fines y accesibles a todas y todos sin restricciones de ningún tipo (como lo son las Tecnologías Libres de Información Geográfica-software geoespacial libre y abierto).

La riqueza en ítems aportados facilita el paso a la formulación de las cuestiones de la segunda ronda en formato de cuestionario cerrado.

4.2 Segunda ronda

Los resultados se exponen siguiendo los tres ejes temáticos anteriores: utilidad de las IDE; formación que deberían adquirir los estudiantes para integrar la potencialidad de las IDE en su aprendizaje; metodologías que favorezcan la integración de las IDE en las aulas. Para terminar con una pequeña recapitulación que aborda si el empleo de las IDE en secundaria se considera complejo, usable, útil y fácil (adjetivos más empleados en todo el proceso) y si mejora o no la calidad de la enseñanza.

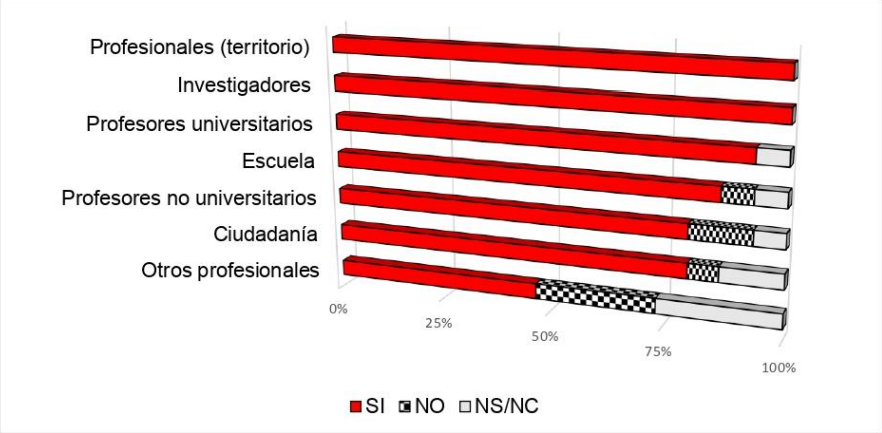
a) Utilidad de las IDE

Las respuestas a las cuestiones formuladas con los resultados obtenidos en la ronda anterior se exponen a continuación.

En relación a si se utilizan las IDE de manera consciente en la vida cotidiana, existe una división de opiniones, cerca de la mitad de los panelistas considera que sí. Se matiza que la utilidad de su empleo está en función del perfil de usuario. Así, se considera que la utilidad mayor es para los profesionales relacionados con las ciencias del territorio y los investigadores, seguidos de cerca por

los profesores universitarios (Figura 1), le siguen a mayor distancia el desempeño profesional en todos los niveles educativos, y la ciudadanía en general. Otros profesionales (no contemplados antes) serían los que menos utilidad encuentran a las IDE.

Figura 1. Utilidad del empleo de las IDE para los distintos grupos sociales



Fuente: elaboración propia

Después se abordan las cualidades de la IDE: utilidad, usabilidad, acceso sencillo y rápido, datos de calidad y gratuidad. Las respuestas muestran unanimidad sobre la utilidad general de las IDE y sobre los problemas de usabilidad. No es un aspecto fuerte de las IDE el acceso sencillo, intuitivo y rápido, lo que puede constituir una de las principales barreras en su empleo. En palabras de uno de los expertos:

> En el estado actual de las IDE, en el que no es fácil añadir capas WMS no previstas por defecto, las IDE no son útiles para los no expertos. Es necesario desarrollar estrategias de usabilidad, ya sea a través de voz 'Añadir la capa de usos del suelo' o mediante estrategias en las que aparezcan nuevas capas predefinidas sin necesidad de incorporar la URL de la capa. Por esa razón mi respuesta ha sido ns/nc. En mi opinión hoy por hoy no son utilizables por usuarios no especializados y esa es la razón por la que se utiliza masivamente Google Maps y apenas se utilizan las IDE.

La calidad del dato y su gratuidad son cualidades destacadas por los panelistas. Queda de manifiesto que los organismos públicos, responsables de los datos, los actualizan periódicamente, filtrando y seleccionando aquellos publicables y gratuitos, sin infringir las leyes de seguridad y cumpliendo la normativa europea.

Curiosamente, los panelistas en todo el proceso no emplean la palabra interoperabilidad, dan por hecho esta cualidad esencial de las IDE derivada de la estandarización de los datos.

b) Formación que deberían adquirir los estudiantes para integrar la potencialidad de las IDE en su aprendizaje

Se proponen dos afirmaciones para que los panelistas se definan sobre la interfaz: "los servicios WMS y los visores que emplean las IDE son muy adecuados para su empleo en secundaria" (el 66,7 % están de acuerdo, mientras que el 33,3 % no lo están) y "la interfaz de los servicios WMS y WFS no está pensada para escolares" (opiniones simétricamente divididas, un 46,6 % está de acuerdo y el mismo porcentaje no lo está). La mayoría está de acuerdo (80 %) en que "las IDE ayudarán al futuro profesional de los estudiantes", lo que refuerza su importancia en la formación del profesorado. Si bien un 20 % no opinan así, de ellos un 6,7 % afirma que no ayudarán al futuro profesional de los estudiantes y un 13,3 % no responden a la cuestión, dejando así una puerta abierta a lo impredecible que puede ser el futuro.

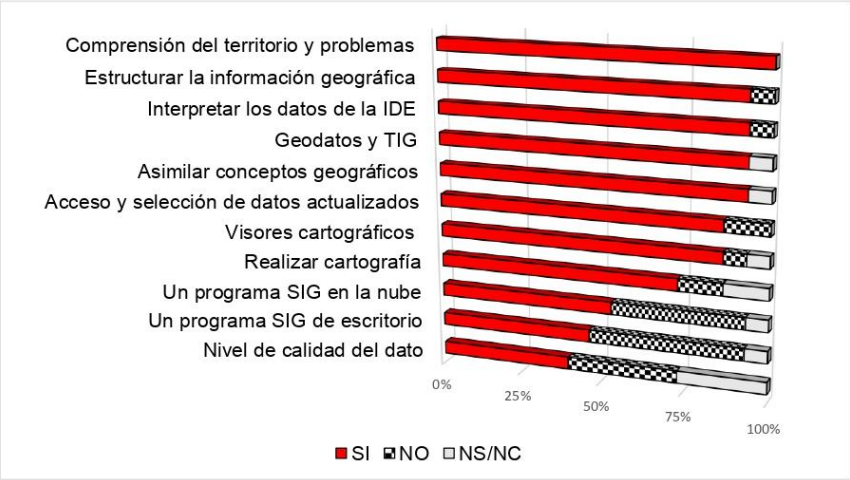
Entre las categorías de formación para integrar las IDE en las aulas docentes consideradas en la ronda anterior, se acepta unánimemente la comprensión del territorio y sus problemas (Figura 2), que integra la esencia de la geografía y de las IDE. Le siguen en el consenso "estructurar la información geográfica"; "interpretar los datos de la IDE"; "geodatos y TIG" y "asimilar conceptos geográficos" (93,3 %). Y después, "acceso y selección de datos actualizados" (86,6 % de los expertos), que consideramos como una de las mayores bondades de las IDE.

Los visores cartográficos y las acciones que se pueden realizar en estos visores (añadir capas, utilizar correctamente la escala del mapa, o manejar las herramientas básicas de los visores), como funciones y operaciones básicas, que deberían ser aprendidas por al alumnado, están considerados como un medio útil para integrar las IDE por el 86,6 % de los expertos. Mientras que "realizar cartografía" se considera algo menos importante (73,4 %) en los niveles de enseñanza no universitaria, quizá porque hasta el siglo XXI no aparecen herramientas que permitan realizar cartografía de una forma sencilla e intuitiva, tales como los globos virtuales o las SIGWeb.

El empleo de un programa SIG de escritorio es otra categoría con divergencias entre los expertos (46,6 % lo califican como importante y otro 46,6 % creen que no). Hasta el momento los SIG de escritorio, por su complejidad, apenas se han empleado en secundaria salvo algunas adaptaciones para escolares en actividades muy concretas con software libre (QGIS o gvSIG).

El 53,4 % de los panelistas, entre ellos todos los docentes de secundaria, opinan que los SIG en la nube pueden ayudar a integrar las IDE en las aulas, mientras el 40 % piensan que no. Por último, el nivel de calidad del dato en educación es considerado relevante por el 40 % de los panelistas.

Figura 2. Categorías para integrar las IDE en la formación de los estudiantes

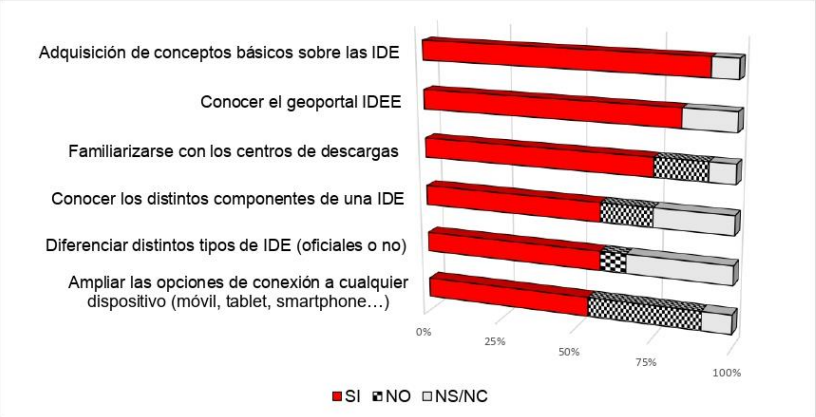


Fuente: elaboración propia

En resumen, las categorías de elementos más aceptados para integrar las IDE en la formación de los estudiantes de secundaria han sido las que hacen referencia a conceptos (asimilar conceptos geográficos, comprensión del territorio y sus problemas, geodatos y TIG). Le siguen las que hacen referencia a procedimientos (realizar cartografía, acceder y seleccionar la información con datos actualizados, interpretar los datos de la IDE y estructurar la información geográfica). Las categorías consideradas menos adecuadas son aquellas que tienen un grado mayor de complejidad, tanto tecnológica (programa de SIG de escritorio) como de abstracción (valoración del nivel de calidad del dato).

Por último, la formación en IDE como elemento transversal (Figura 3) es defendida por el 66,7 % de los panelistas, que considera necesario integrar su empleo de forma natural con la materia a impartir. Para ello aportan los contenidos básicos sobre IDE que consideran esenciales: adquirir conceptos básicos sobre las IDE (91,7 %), conocer el geoportal IDEE (83,3 %), familiarizarse con los centros de descargas (75 %), diferenciar distintos tipos de IDE y conocer los distintos componentes de una IDE. Algo más de la mitad consideran importante ampliar las opciones de conexión a los servicios IDE desde un dispositivo móvil (tableta, smartphone…)

Figura 3. Contenidos básicos IDE como elemento transversal



Fuente: elaboración propia

Un 20 % de los panelistas no está de acuerdo en introducir conocimientos básicos sobre los servicios IDE como temas transversales en las aulas y un 13,3 % no responde a esta cuestión, lo que nos permite afirmar que la tendencia en un futuro inmediato no será introducir de forma sistemática las IDE ni en la formación del profesorado ni en la enseñanza de la geografía.

c) Metodología docente para impulsar el empleo de las IDE en las aulas

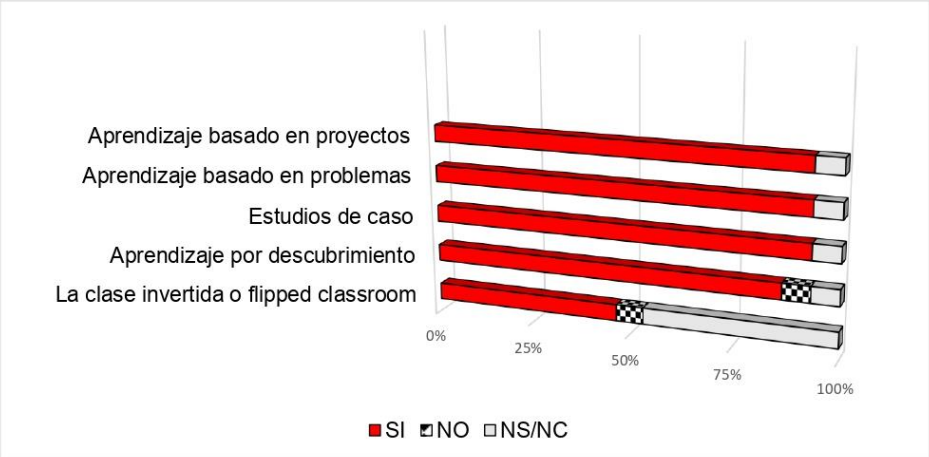
La metodología activa se apunta como la más adecuada, por el 93,3% de los panelistas, para integrar los servicios IDE en las aulas docentes, frente a la enseñanza tradicional centrada en las clases magistrales.

Se jerarquizan las estrategias docentes (Figura 4) sobresaliendo tres para integrar las IDE en el aula de secundaria: el aprendizaje basado en problemas, el aprendizaje basado en proyectos y los estudios de caso, que responden a una estrategia de indagación e investigación en la que es necesaria una búsqueda de datos. Basan el aprendizaje en el constructivismo, en la práctica del estudiante y en el trabajo colaborativo. Si bien en los estudios de caso, el trabajo se centra en resolver el caso, y no en lo que el estudiante aprenda, mientras que en el aprendizaje basado en problemas y en proyectos, el protagonismo lo tiene el estudiante y su proceso de aprendizaje. Todas estas estrategias facilitan el aprendizaje por descubrimiento, que es el que sigue en aceptación, con algún opositor, siendo el método inductivo el que lo define exigiendo al propio estudiante descubrir los conceptos y sus relaciones para integrarlos en su esquema cognitivo. Quizás por ello, no hay gran diferencia en la preferencia por éste y los tres anteriores. El argumento esgrimido por los panelistas en desacuerdo es que la mayoría de estas técnicas ralentizarían el ritmo de avance de la clase con unos programas curriculares muy exigentes en

contenidos. La respuesta visibiliza que son los profesores de enseñanza secundaria los que encuentran inconvenientes en este tipo de enseñanza, más propia de una enseñanza personalizada con ratios profesor-alumno poco elevadas, que de la vida cotidiana en la mayoría de las aulas de secundaria.

La técnica menos aceptada es la moderna clase invertida o *flipped classroom* (46,6%), lo que se podría explicar por el sobreesfuerzo que supone al profesorado la realización de vídeos didácticos con temas que integren las IDE, ya que hasta la fecha no hay material disponible sobre ello ni existe apoyo institucional en los centros para esta finalidad. Además, la competencia de elaborar vídeos, salvo en la enseñanza a distancia, no se contempla en la formación del profesorado universitario, lo que dificulta su aplicación al aula, especialmente en temas muy novedosos en los que apenas existen materiales.

Figura 4. Técnicas docentes para integrar el empleo de las IDE en el aula



Fuente: elaboración propia

Las acciones formativas aportadas por los panelistas para integrar las IDE en la docencia, y por tanto necesarias en la formación del profesorado, es la única cuestión en la que ha sido necesario buscar una jerarquización para obtener consenso. Del 1 al 6, el 1 corresponde a la acción en el aula más adecuada para integrar los servicios de las IDE y adquirir un buen conocimiento territorial y el 6 corresponde a la acción menos adecuada para la misma finalidad. Así, las puntuaciones más altas serán las acciones formativas consideradas como las menos adecuadas para el aula.

El grado de consenso en cada una de las acciones formativas propuestas se ha calculado a partir de la media aritmética de las respuestas obtenidas, la moda, la mediana y la desviación típica (Tabla 3). Esta última muestra una escasa dispersión en las respuestas aportadas. Así mismo, se

aporta el cuartil. Con estos datos, y a pesar de que en todas ellas no se ha eliminado el valor máximo y el mínimo, se observa que no hay grandes desacuerdos en las respuestas, quedando así claramente jerarquizadas las acciones docentes por orden de importancia.

Tabla 3. Acciones formativas sugeridas

ACCIONES FORMATIVAS	MEDIA	MODA	DESVIACIÓN TÍPICA	Q1	Q2	Q3
Los datos obtenidos de las IDE se deben emplear contextualizados en el tema correspondiente de la unidad didáctica	2,67	1	1,50	1	2	4
Dividir la clase en una parte teórica y luego aplicar la teoría explicada	3,13	2	1,64	2	3	5
Utilizar pequeñas herramientas que faciliten el desarrollo de actividades de aprendizaje basado en la experimentación	3,27	2	1,39	2	3	4
Emplear las IDE en seminarios en las aulas de informática	3,27	5	1,49	2	3	5
Integrar las IDE como competencia transversal	3,80	5	1,78	2	4	5
Vincular el boom de Pokémon GO! a los aspectos didácticos de las IDE	4,87	6	1,85	4	6	6

Fuente: elaboración propia

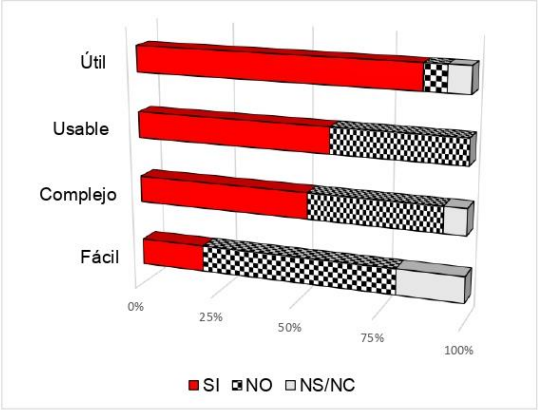
El que los datos obtenidos de las IDE se empleen en el contexto del tema al que se refieren se considera la cuestión principal, es decir, deben estar contextualizados en el tema correspondiente al de la unidad didáctica o tema a trabajar. Le sigue en importancia el dividir la clase en una parte teórica y luego aplicar la teoría explicada, siendo la segunda parte de la clase un ejemplo de lo visto en la primera a modo de pequeño laboratorio de experimentación. Es un método de enseñanza demostrativa muy extendido en la enseñanza de los Sistemas de Información Geográfica (Walsh 1992, U.S. Geological Survey 2005) y en la de otras herramientas informáticas.

Obtienen la misma puntuación o media aritmética el utilizar pequeñas herramientas que faciliten el desarrollo de actividades de aprendizaje basado en la experimentación y el formato de seminarios específicos en el aula de informática, si bien considerando la moda destaca la primera de ellas sobre la segunda. La consideración del conocimiento y empleo de los servicios IDE como competencia transversal no destaca entre las opciones posibles. Y la baja puntuación de la última acción sugerida indica que, a pesar de su potencial para la adquisición de competencias espaciales, el boom de Pokémon GO! ha sido una moda pasajera.

d) Últimas cuestiones de recogida del consenso

Los cuatro adjetivos empleados para calificar el empleo de las IDE en las aulas de secundaria, por orden de importancia han sido: útil, usable, complejo y fácil. El consenso indica que de fácil tienen muy poco (Figura 5).

Figura 5. Adjetivos que califican el empleo de las IDE en las aulas de Secundaria



Fuente: elaboración propia

En relación a la pertinencia de las IDE, un 86,7 % de expertos considera que su introducción en las aulas mejoraría la calidad de la enseñanza secundaria, mientras el 13,3 % no lo considera. Por tanto, parece aconsejable iniciar la formación al profesorado en relación con las IDE.

La clara definición de posturas excluye la posibilidad de una visión unilateral, pero manifiesta un consenso o acuerdo en la utilidad de las IDE como recurso docente, lo que ratifica la hipótesis fundamental del trabajo.

5 Recomendaciones y discusión

El método Delphi empleado en la investigación ha cubierto los objetivos esperados en ella, aportando una gran riqueza de datos que han hecho posible su análisis mostrando una realidad que permite vislumbrar su proyección a futuro, tal y como han realizado otros autores (Meletiou-Mavrotheris & Koutsopoulos, 2018).

A pesar del consenso alcanzado en relación a la utilidad de las IDE para el aprendizaje de la geografía, pesan más las barreras en la usabilidad, que las ventajas en la utilidad de su empleo. Quizás en un futuro no muy lejano, el avance de la tecnología vaya resolviendo las barreras por superar (Benitez-Paez, 2018) y sea posible establecer un itinerario didáctico pedagógico para su empleo y difusión en las aulas como recurso docente integrando también las emergentes IDE 3D.

A la vista de los resultados obtenidos, se ofrecen recomendaciones en cuatro líneas de acción, la primera en relación a la sociedad en general, la segunda en relación a la importancia de los datos, la tercera en relación a la búsqueda de itinerarios pedagógicos para la enseñanza secundaria y la cuarta en relación a la formación del profesorado, pieza clave para sentar la base de todo el proceso, y muy relacionada con el diseño curricular. Se parte de que los centros disponen de una conexión a Internet adecuada y suficiente, bien por cable en las aulas de informática o bien por wi-fi en la mayoría de los espacios del centro.

5.1 En relación a la sociedad en general

La sociedad española, con cerca de las tres cuartas partes de la población española entre 16 y 65 años conectada a diario a Internet y casi un 93 % de los menores entre 10 y 15 años que también lo utiliza (INE, 2018), está preparada para sacar un mayor partido a los servicios IDE. Además, hay nichos de negocio que se basan en la geolocalización, lo que puede impulsar su empleo. Con él, se incentivaría la retroalimentación propia de la participación ciudadana y contribuiría a una mejor comprensión del territorio por parte de la ciudadanía.

Es fundamental contar con un apoyo político para desarrollar estrategias de aprendizaje que utilicen las IDE y contar con técnicos motivados que lideren el proceso de integración en la enseñanza secundaria y en la formación del profesorado. Si la propia iniciativa IDE incluye líneas de acción en este sentido, como sucede con la aparición de las IDE didácticas, será más sencillo el proceso. Se sugieren acciones coordinadas entre las IDE y las Administraciones de Enseñanza, la primera de las cuales debería producirse entre el IGN y el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF).

5.2 En relación a la importancia de los datos

La formación en relación a los datos es necesaria, los panelistas así lo han ratificado, tanto en su tratamiento, como en los medios de adquirir, almacenar, visualizar, procesar, analizar, interpretar, y presentar los datos geográficos (Burrough & McDonnell, 1998), lo que por extensión afecta a las TIG. Existe un creciente interés en aprender Geografía con datos reales y de primera mano, que las IDE aportan, lo que ayuda a construir el pensamiento crítico e impulsa el pensamiento espacial, ayudando a entender el territorio en el que se vive. Para esta misma finalidad Coetzee et al. (2017) proponen mejorar la funcionalidad de las IDE, y ampliarlas integrando datos de trabajos de tesis y proyectos que permitan realizar ejercicios docentes más variados, realistas y amplios. La Asociación Cartográfica Internacional (ICA), algunos institutos de investigación y algunas universidades están iniciando este camino.

Sin embargo, llama la atención que el nivel de calidad del dato no se considere relevante en educación. Quizás esto es un exponente más de su ausencia en la actual formación del profesorado, en la que tampoco se da importancia a las *fake news* o noticias falsas, que están en

continuo crecimiento (Vosoughi, Roy & Aral, 2018). Esta tendencia de carencia de formación y de preocupación por la calidad de los datos en los estudiantes, ha sido también constatada en el proyecto europeo GI-Learner (Zwartjes et al., 2018, p. 22), dedicado a la integración de la ciencia de la geoinformación y los SIG en las aulas de secundaria (Donert et al., 2017; Zwartjes & Lázaro, 2019).

Desde nuestro punto de vista, es necesario formar a los estudiantes no sólo en la búsqueda de información en distintas fuentes, sino también en aprender a discernir la calidad del dato, identificar los datos fiables según la fuente que los aporta y discriminarlos de los que no lo son. Este es uno de los pilares en los que se apoya el pensamiento crítico. El profesorado debe motivar y enseñar al estudiante a investigar la calidad del dato y a aprender a observar las inconsistencias en los mismos.

5.3 En relación al impulso de ejemplos de aula e iniciativas en proceso

Aunque los conceptos y procedimientos que las IDE permitirían adquirir se consideran de interés, las herramientas tecnológicas que facilitarían el camino resultan todavía complejas. De ahí las reticencias existentes por parte del profesorado, que no siempre ha recibido la necesaria e imprescindible formación inicial y permanente en este campo. Sin embargo, se ha demostrado que la utilidad del empleo de las IDE es el sentir unánime de muchos docentes que conocen su potencial, pero también lo es su complejidad. El empleo de las IDE a través de visores como Iberpix o CartoCiudad, globos virtuales como Google Earth (otras herramientas de Google no tienen funcionalidades que permitan integrar los geodatos que las IDE ofrecen) o las SIGWeb, de uso creciente (Buzo, 2019), están paliando los problemas de usabilidad.

Sería deseable un visualizador, alimentado de los datos de los servicios IDE, orientado a la educación, con algunos ejemplos para emplear directamente en el aula. El grupo de investigación educativa GEODIDAC, de la Universidad Complutense de Madrid, está desarrollando ejemplos de uso educativo con Iberpix4, demostrando con ello que es posible mejorar la comprensión del territorio a través de la observación directa, más allá del aprendizaje memorístico.

Se han diseñado y realizado algunas experiencias de aula con resultados satisfactorios relacionadas con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (Álvarez & Lázaro, 2018) y con el P.N. de las Tablas de Daimiel (Álvarez, Lázaro & González, 2018) empleando la SIGWeb de ArcGIS Online, herramienta en continuo crecimiento (Kerski & Baker, 2019) desde su aparición en 2012 y hoy impulsada por el programa gratuito para los centros escolares (http://colegios.esri.es/). Además, se están realizando pruebas de usabilidad de las IDE con alumnos de los distintos niveles educativos, tanto para ratificar las conclusiones del presente trabajo, como para obtener información que permita mejorar la usabilidad de las IDE, tal y como los panelistas han sugerido.

5.4 En relación a la formación del profesorado de secundaria

La constatación del escaso conocimiento de las IDE por parte del profesorado de secundaria en general, hace que no sea un tema que preocupe a los docentes, y por tanto no se ha producido todavía la necesidad de una formación básica en IDE. Tampoco está generalizado el empleo de herramientas y visores de fácil usabilidad, que ofrecen los servicios IDE de forma predeterminada, sin intervención del usuario, como los ya citados.

Podemos afirmar que el profesorado es cada vez menos reticente y más receptivo a la tecnología existente, a la emergente y a la que está por llegar. Su aplicación al aula se puede ver potenciada por el marco de las competencias tecnológicas docentes impulsadas desde la Unión Europea (DIGCOMP, 2016; Comisión Europea, 2017; INTEF, 2017).

Una oportunidad en su integración está en los Másteres de Formación del Profesorado en los que se trabajan de forma prioritaria las fuentes de información geográfica. Un profesorado formado en IDE las integrará de forma natural en las aulas docentes como un recurso más, favoreciendo así métodos docentes activos y colaborativos, más allá de la tradicional enseñanza memorística con las técnicas de aprendizaje por proyectos, aprendizaje basado en problemas, estudios de caso y, con mayor dificultad, por las razones señaladas de escasez de tiempo, el aprendizaje por descubrimiento.

Quedan abiertas estas vías de trabajo en las aulas y de investigación docente acordes con las líneas de acción sugeridas.

6 Conclusiones

Los resultados de la aplicación de la técnica Delphi han permitido constatar que los panelistas coinciden en que la información que ofrecen las IDE (real, actualizada y accesible, desde cualquier lugar y en cualquier momento de forma gratuita), puede ayudar a una mejor comprensión de los temas territoriales por parte del estudiante. Así, se constata en este trabajo su potencialidad para la práctica docente, tanto en la enseñanza secundaria como en la formación del profesorado. Si bien se ha apuntado que para ello es necesario mejorar la usabilidad de la herramienta y que las barreras o dificultades que ahora mismo se presentan para los docentes se aligeren.

Un elemento esencial para un mejor aprovechamiento de las IDE es difundir el conocimiento de su potencial en los programas de formación del profesorado diseñando qué prioridades se deben considerar para facilitar su integración en los mismos. Es importante la voluntad política para impulsar su empleo en educación. El marco de la competencia digital docente podría ser su punto de partida.

Por tanto, se concluye que es necesario trabajar en dos direcciones, por una parte, en que las administraciones educativas y los responsables de las IDE dialoguen y avancen en una iniciativa que

mejore su accesibilidad adaptándolas a las necesidades docentes, y por otra el profesorado debe recibir formación en el manejo de la información geoespacial en general y en las IDE en particular desde las universidades.

Los resultados obtenidos apuntan a unas previsiones futuras en el empleo de las IDE en las aulas de secundaria como un objetivo a largo plazo, a pesar del interés para la formación del profesorado y del alumnado, protagonista de la responsabilidad ciudadana en un futuro inmediato, y del hecho de que saber emplear geodatos primarios de calidad ayudaría a construir un pensamiento crítico, científico y técnico en nuestros jóvenes.

Agradecimientos: Agradecemos a todas las personas que han colaborado desinteresadamente con sus constructivas respuestas en las distintas rondas de la técnica Delphi, a los revisores de este artículo por sus acertadas sugerencias y a la Escuela de Doctorado de la Universidad Complutense de Madrid por su ayuda y motivación a la investigación presentada.

Declaración responsable: Las/os autoras/es declaran que no existe conflicto de interés con relación a la publicación de este artículo. Ambas/os autoras/es han diseñado el planteamiento del artículo, la introducción y los antecedentes. La principal contribución de cada autor/a se ha distribuido de la siguiente manera: Javier Álvarez ha realizado el trabajo de campo y redactado los resultados y conclusiones. María Luisa de Lázaro ha dirigido y revisado el trabajo.

Bibliografía

Álvarez Otero, J., & Lázaro y Torres, M.L. (2017). Spatial Data Infrastructures and Geography Learning. *European Journal of Geography, 3*(8), 19–29. Retrieved from http://www.eurogeographyjournal.eu/articles/2.Spatial%20data%20infrastructures%20and%20Geography%20learning.pdf

Álvarez-Otero, J., & de Lázaro y Torres, M.L. (2018) Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Education Sciences, 8*(4), 171. https://doi.org/10.3390/educsci8040171

Álvarez Otero, J., Lázaro Torres, M.L.de, & González González, M.J. (2018). A cloud-based GIScience learning approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9*(2), 6–20. Retrieved from http://www.eurogeographyjournal.eu/articles/01f.%20revised.Alvarez_LazaroyGonzalez_Spanish_P_N1_vr9_abstract_changed_sub3.pdf

Aditya, T. (2007). *The national atlas as a metaphor for improved use of a national geospatial data infrastructure* (Doctoral dissertation, Utrecht University, Netherlands). Retrieved from https://dspace.library.uu.nl/handle/1874/21785

Astigarraga, E. (2003). *El método Delphi*. San Sebastián: Universidad de Deusto.

Bednarz, S., & Van der Schee, J. (2006). Europe and the United States: the implementation of geographic information systems in secondary education in two contexts, *Journal of Technology, Pedagogy and Education, 15*(2), 191–205. https://doi.org/10.1080/14759390600769573

Benitez-Paez, F., Degbelo, A., Trilles, S., & Huerta, J. (2018). Roadblocks hindering the reuse of open geodata in Colombia and Spain: A data user's perspective. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 7*(1), 6. https://doi.org/10.3390/ijgi7010006

Bernabé-Poveda, M.A., & López-Vázquez, C.M. (2012). *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: UPM-Press, Serie Científica.

Boix, G., & Olivella, R., (2007). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG (Portal Educativo en SIG). In M. J. Marrón Gaite, J. Salom Carrasco, & X. M. Souto González, *Las competencias geográficas para la educación ciudadana* (pp. 23–32). Valencia: Universidad de Valencia. Retrieved from: http://www.sigte.udg.edu/pesig/uploads/images/projecte/comunicacion_completa_SIGTE.pdf

Bonis Vázquez, Á. (2015). *El uso de las TIC y de Google Earth como contribución a la interiorización de los contenidos en geografía* (Master's dissertation, Universidad de Navarra, Spain).

Burrough, P., & McDonnell, R. (1998). *Principles of geographical information systems*. Oxford: Oxford University Press.

Buzo, I. (2015). Aplicación de la metodología del aprendizaje geográfico por descubrimiento basado en SIG en proyectos didácticos para 2º de Bachillerato. In R. Sebastiá, & E. M. Tonda (Eds). *La investigación y la innovación en la enseñanza de la geografía* (pp. 477–489). Alicante: Universidad de Alicante.

Buzo, I. (Coord) (2016). *Las SIGWebs en la Geografía de Secundaria para la mejora del pensamiento espacial* (Memoria presentada para la obtención del XXXI Premio "Francisco Giner de los Ríos" Área de Humanidades y Ciencias Sociales") (BOE 17 mayo 2016) (Unpublished).

Buzo, I. (in press). El ecosistema de aplicaciones de ArcGIS Online utilizados en la enseñanza de la geografía. In *Nuevos desafíos en la educación geográfica* (Preprint del texto presentado al IX Congreso Ibérico de Didáctica de la Geografía, Santiago de Compostela).

Cabero, J., & Infante, A. (2014). Empleo del método Delphi y su empleo en la investigación en Comunicación y Educación. *EDUTEC Revista Electrónica de Investigación Educativa, 48,* 1–16. Retrieved from http://edutec.rediris.es/Revelec2/Revelec48/pdf/Edutece_n48_Cabero-Infante.pdf

Chabaniuk, V., & Rudenko, L. (2019). Relational Geospatial Technologies: Background Theory, Practical Example and Needs in Education. In de Miguel, R., Donert, K., & Koutsopoulos, K. (Eds) *Geospatial Technologies in Geography Education* (EUROGEO Book Series) (pp. 63–83). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_4

Coetzee, S., Steiniger, S., Köbben, B., Iwaniak, A., Kaczmarek, I., … Moellering, H. (2017). The Academic SDI – Towards understanding spatial data infrastructures for research and education. In M. Peters (Ed.), *Advances in Cartography and GIScience*. ICACI 2017. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography (pp. 99–113). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-57336-6_8

Cook, C.N., Inayatullah, S., Burgman, M.A., Sutherland, W.J., & Wintle, B.A. (2014). Strategic foresight: how planning for the unpredictable can improve environmental decision-making. *Trends in ecology & evolution, 29*(9), 531–541. https://doi.org/10.1016/j.tree.2014.07.005

Comisión Europea (2017). *Digital Transformation Scoreboard.* Retrieved from http://ec.europa.eu/growth/content/digital-transformation-scoreboard-2017-0_en Digital scoreboard reports retrieved from https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/download-scoreboard-reports

Del Campo, A., Romera, C., Capdevila, J., Nieto, J. A., & de Lázaro, M. L. (2012). Spain: Institutional initiatives for improving geography teaching with GIS. In A. J. Milson, A. Demirci & J. J.

Kerski (Eds.), *International perspectives on teaching and learning with GIS in secondary schools* (pp. 243–253). Dordrecht: Springer.

De Miguel González, R., Lázaro y Torres, M.L., Velilla Gil, J., Buzo Sánchez, I., & Guallart, C. (2015). Atlas Digital Escolar: aprender Geografía con ArcGIS Online. In Sebastiá, R. y Tonda, E.M. (Eds). *La investigación y la innovación en la enseñanza de la geografía* (pp. 925–936). Alicante: Universidad de Alicante.

De Miguel González, R., Lázaro y Torres, M.L., Velilla Gil, J., Buzo Sánchez, I., & Guallart, C. (2016). Atlas Digital Escolar: Internet, geografía y educación. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales, 212,* Retrieved from http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-212.pdf

DIGCOMP (2016). A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe. Retrieved from https://ec.europa.eu/jrc/en/publication/eur-scientific-and-technical-research-reports/digcomp-20-digital-competence-framework-citizens-update-phase-1-conceptual-reference-model

Dimitrijević, B., Simic, V., Radonjic, V., & Kostic-Ljubisavljevic, A. (2012). The Delphi method as a research tool: an application in transportation and logistics systems evaluations. *The 6th International Quality Conference*. Center for Quality, Faculty of Engineering, University of Kragujevac (Serbia). https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1798.6646

Donert, K., Desmidt, F., Lázaro, M.L. de, González, R., Lindner-Fally, M., Parkinson, A., Prodan, D., Woloszynska-Wisniewska, E., & Zwartjes, L. (2016). The GI-Learner Approach. *GI_Forum – Journal for Geographic Information Science, 2,* 134–146, https://doi.org/10.1553/giscience2016_02_s134

González, M.E. (2012). *Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) como un recurso educativo TIC. Estrategias de formación y difusión para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria* (Doctoral dissertation, Universidad Politécnica de Madrid, Spain). Retrieved from http://oa.upm.es/11015/

González, M.E. (2015). Informe final del proyecto *Usabilidad de Geoportales IDE* Retrieved from http://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/PAT2015.html

González, M.J., & Lázaro, M.L. de (2011) La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica. *Ar@cne, 148*. Retrieved from http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-148.htm.

Gross, M., Hakim, S., & Weinblatt, J. (1983). Evaluation of alternative arterial roads: A modified Delphi approach. *Environments, 1*(15), 27–38.

Houtsonen, L., Mäki, S., Riihelä, J., Toivonen, T., & Tulivuori, J. (2014). Paikkaoppi: a Web based learning environment for Finnish Schools. In R. de Miguel Gonzalez & K. Donert (Eds.), *Innovative Learning Geography in Europe: New Challenges for the 21st Century* (pp. 89–100). Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing.

IGN (2019). *Atlas Nacional de España Interactivo*. Retrieved from https://interactivo-atlasnacional.ign.es/#c=home

Instituto Nacional de Estadística (2018). *Encuesta sobre Equipamiento y Uso de Tecnologías de Información y Comunicación en los Hogares*. Retrieved from https://www.ine.es/prensa/tich_2018.pdf

INTEF (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente* – Septiembre 2017. Retrieved from https://aprende.intef.es/sites/default/files/2018-05/2017_1020_Marco-Com%C3%BAn-de-Competencia-Digital-Docente.pdf

Jiménez Calderón, L., Yépez Campoverde, J., & Vázquez Hoehne, A. (2014). El usuario como factor de éxito en el diseño de un geoportal. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 14*, 181–210. Retrieved from http://geofocus.rediris.es/2014/Articulo10_2014.pdf

Kerski, J.J. (2008). *Developing Spatial Thinking Skills in Education and Society*. ArcWatch. Retrieved from http://www.esri.com/news/arcwatch/0108/spatial-thinking.html

Kerski, J.J. (2011). Sleepwalking into the Future – The Case for Spatial Analysis Throughout Education. In T. Jekel, A. Koller, K. Donert & R. Vogler (Eds.), *Learning with GI 2011* (pp. 2–11). Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE VERLAG GMBH.

Kerski J.J., & Baker T.R. (2019) Infusing Educational Practice with Web GIS. In R. de Miguel, K. Donert & K. Koutsopoulos (Eds.), *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series) (pp. 3–19). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_1

Köbben, B. (2013). Towards a national atlas of the Netherlands as part of the national spatial data infrastructure. *The Cartographic Journal, 50*(3), 225–231. https://doi.org/10.1179/1743277413Y.0000000056

Labouta, H.I., Kenny, N.A.; Li, R., Anikovskiy, M., Reid, L., & Cramb, D.T. (2018). Learning science by doing science: an authentic science process learning model in postsecondary education, *International Journal of Science Education, 40*(12), 1476–1492. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1484966

Landeta, J. (2002). *El método Delphi: una técnica de previsión para la incertidumbre*. Barcelona: Ariel.

Lázaro y Torres, M.L. de, Álvarez Otero, J., & González González, M.J. (2016). Aprender Geografía de España empleando SignA. In R. Sebastiá & E. M. Tonda (Eds.), *La investigación y la innovación en la enseñanza de la geografía* (pp. 25–39). Alicante: Universidad de Alicante.

Lázaro, M.L.de, Izquierdo, S., & González, M.J. (2016). Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria. *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 70,* 371–391. https://doi.org/10.21138/bage.2175

López-Gómez, E. (2018). El método Delphi en la investigación actual en Educación: una revisión teórica y metodológica. *Educación XXI, 1*(21), 17–40. https://doi.org/10.5944/educXX1.15536

López, A. A., Escolano, C. L., Solé, C. S., Antón, M. Z., Llovería, R. M., & Campos, Á. P. (2013). El potencial de Google Earth aplicado al análisis espacial en geografía. In R. de Miguel González, M. L. de Lázaro Torres & M. J. Marrón Gaite, *Innovación en la enseñanza de la geografía ante los desafíos sociales y territoriales* (pp. 179–194). Zaragoza: Institución Fernando el Católico-CSIC.

Luque, 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. Retrieved from: https://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/1318/1241

Marco Dols, P. (2016). *Los Sistemas de Información Geográfica: otra forma de impartir la Geografía en Secundaria* (Master's Thesis, Universidad Jaume I, Spain). Retrieved from https://core.ac.uk/download/pdf/61494865.pdf

Martínez Cebolla, E., Gómez Cabello, F., & López Martín, F. (2017). Aprendiendo Geografía con una IDE didáctica. Los geojuegos de IDE ARAGÓN. *Revista Mapping, 26*(182), 26–36. Retrieved from http://revistamapping.com/wp-content/uploads/2017/09/Revista-MAPPING-182.pdf#page=28

Meletiou-Mavrotheris, M., & Koutsopoulos, K. (2018). Projecting the Future of Cloud Computing in Education: A foresight study using the Delphi Method. In K. C. Koutsopoulos, K. Doukas & Y. Kotsanis (Eds.), *Handbook of Research on Educational Design and Cloud Computing in Modern Classroom Settings* (pp. 262–290). IGI Global. https://doi.org/10.4018/978-1-5225-3053-4.ch012

Milson, A. J., Demirci, A., & Kerski, J. J. (Eds.) (2012). *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools*. New York: Springer.

Muro-Medrano, P. (2012). Etapas de la popularización de las infraestructuras de información geoespacial. *GeoFocus, Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica 12*, 1–5. Retrieved from: http://geofocus.rediris.es/2012/Editorial_2012.pdf

Nieto Barbero, G. (2016). *Análisis de la práctica educativa con SIG en la enseñanza de la geografía de la educación secundaria. Un estudio de caso en Baden-Württemberg, Alemania* (Doctoral dissertation, Universidad de Barcelona, Spain). Retrieved from http://bit.ly/2GabJYM

Patterson, T.D. (2007). Google Earth as a (Not Just) Geography Education Tool. *Journal of Geography, 106*(4), 145–152, https://doi.org/10.1080/00221340701678032

Pérez-Rendo, M. (2013). *Tecnologías de Información Geográfica como herramienta educativa: Análisis y Perspectiva* (Master's Thesis, Universidad Internacional de La Rioja, Spain). Retrieved from http://bit.ly/2YMi6su

Pokojski, W., Angiel, J., & Pokojska, P. (2018). Importance of digital spatial data in environmental education. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa, 1*, 34–38.

https://doi.org/10.24131/3247.180105

Riihelä, J., & Mäki, S. (2015). Designing and implementing an online GIS tool for schools: The Finnish case of the PaikkaOppi project. *Journal of Geography, 114*(1), 15–25. https://doi.org/10.1080/00221341.2014.897362

Rivas-Rebaque, B.; Gértrudix-Barrio, F., & de Cisneros de Britto, J.C. (2019). La percepción del docente universitario ante el uso y valor de los datos abiertos. *Educación XX1, 22*(2), 141–163. https://doi.org/10.5944/educXX1.21317

Roche, S. (2014). Geographic Information Science I: Why does a smart city need to be spatially enabled? *Progress in Human Geography 38*(5), 703–711. https://doi.org/10.1177/0309132513517365

Ruiz Olabuénaga, J. I. (2012). *Metodología de la investigación cualitativa* (5th ed.). Universidad de Deusto.

Sánchez Cabielles, P. (2014). *TIC y didáctica de la Geografía: el papel del SIG en la Educación Secundaria* (Master's Thesis, Universidad de Cantabria, Spain). Retrieved from http://bit.ly/2JuybOh

Sebastiá, R., & Tonda, E. M. (2011). Características y evolución de la Revista Didáctica Geográfica. *Didáctica Geográfica 12*, 19–48. Retrieved from http://www.age-geografia.es/didacticageografica/index.php/didacticageografica/article/view/57

Tonda-Monllor, E. M., & Sebastiá-Alcaraz, R. (2013). Producción científica en la Didáctica de la Geografía Urbana: los congresos españoles, los congresos ibéricos y la revista Didáctica

Geográfica (Segunda Época). In VV.AA., *A Cidade, um laboratório para a educação geográfica* (pp.65–78). Lisbon: Universidade de Oporto y Asociación de Profesores de Didáctica de la Geografía (AGE). Retrieved from https://www.age-geografia.es/didacticageografia/docs/Publicaciones/2013_ebook.pdf

Tsou, M.H., & Yanow, K. (2010). Enhancing General Education with Geographic Information Science and Spatial Literacy., *URISA Journal 22*(2), 45–55. Retrieved from https://geoinfo.sdsu.edu/hightech/Images/URISAjournal/2010-Tsou-Yanow-URISA%20Journal%20Vol.22%20Issue%202.pdf

U.S. Geological Survey (USGS) (2005). *Geographic Information Systems in Education*, U.S.: Department of the Interior.

Vancauwenberghe, G., Valečkaitė, K., van Loenen, B., & Welle Donker, F. (2018). Assessing the Openness of Spatial Data Infrastructures (SDI): Towards a Map of Open SDI. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research, 13,* 88–100. https://doi.org/10.2902/1725-0463.2018.13.art9

Vosoughi, S., Roy, D., & Aral, S. (2018). The spread of true and false news online. *Science, 359*(6380), 1146–1151. https://doi.org/10.1126/science.aap9559

Walsh, S. (1992). Spatial education and integrated hands-on training: Essential foundations of GIS instruction. *Journal of Geography, 44*(2), 54–61. https://doi.org/10.1080/00221349208979079

Zwartjes, L., Lázaro, M.L. de, Desmidt, F. Donert, K, Álvarez, J. … & Prodan, D. (2018). *La necesidad de integrar el pensamiento espacial en educación. GI Learner. Creando una línea de aprendizaje basada en el pensamiento espacial*. Retrieved from http://www.gilearner.ugent.be/wp-content/uploads/GI-Learner-O7_ES.pdf

Zwartjes, L., & Lázaro Torres, M.L. de (2019). Geospatial Thinking Learning Lines in Secondary Education: The GI Learner Project. In R. de Miguel, K. Donert & K. Koutsopoulos (Eds.), *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series) (pp. 41–61). Cham: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_3

Conclusiones parciales del artículo n.º 2

Los resultados de la técnica Delphi constatan la hipótesis n.º 2, ya que todos los expertos en IDE destacan que los geodatos procedentes de los servicios IDE son un conjunto de información territorial que puede ayudar a la comprensión territorial por parte de los estudiantes. Así los panelistas aconsejan de las estrategias metodológicas pertinentes, cuya base es la enseñanza activa; de una mejora en la formación del profesorado tanto del manejo de fuentes primarias (IDE) como en la adquisición de habilidades tecnológicas y espaciales, para un mejor aprovechamiento de las primeras.

Artículo n.º 3. Álvarez Otero, Javier, Lázaro y Torres, María Luisa y González González, María Jesús (2018a). A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. E*uropean Journal of Geography, 9*(2), 6-20. ISSN 1792 1341

El artículo n.º 3 muestra en parte los primeros resultados a uno de los modelos de proyectos que se han llevado a cabo como intervenciones, en este caso el proyecto de sensibilización medioambiental en la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel, así también se proponen actividades basadas en el aprovechamiento de las IDE del Parque Nacional de Picos de Europa y de Doñana[7].

En esta intervención se emplean las IDE en un SIG Web elaborado en el grupo de investigación GEODIDAC. Los estudiantes se involucran en su propio proceso de enseñanza-aprendizaje a través del uso del SIG Web que integra los datos procedente de la Infraestructuras de Datos Espaciales de España (IDEE). A esto se debe añadir el objetivo del cambio de actitudes por parte de los estudiantes hacia acciones responsables con el territorio. Para ello, elaboran una serie de actividades in situ y después se continúan otras actividades en clase para fomentar algunos de las metas de los Objetivos de Desarrollo Sostenible.

[7] A continuación, se presenta autorización por parte de la catedrática Dra. María Jesús González González, coautora del artículo n.º 3 que se presenta en la presente tesis.

María Jesús González González, Catedrática de Geografía Humana de la Universidad de León, con DNI 09710799S,

Autoriza al doctorando del programa de Educación de la Universidad Complutense de Madrid Javier Álvarez Otero, con DNI 70806929A,

a integrar el artículo del que es coautora: Álvarez Otero, J.; Lázaro y Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a). A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9* (2), 6-20. como parte de su tesis doctoral que se presenta como compendio de artículos.

Para lo que firma la presente autorización,



Fdo.: María Jesús González González

European Journal of Geography Volume 9, Number 2:6-20, June 2018
©Association of European Geographers

A CLOUD-BASED GISCIENCE LEARNING APPROACH TO SPANISH NATIONAL PARKS

Javier ÁLVAREZ OTERO
Universidad Complutense de Madrid, Spain
javier.alvarez.otero@ucm.es

María Luisa DE LÁZARO Y TORRES
Universidad Nacional de Educación a Distancia, Geography Department, Spain
mllazaro@geo.uned.es

María Jesús GONZÁLEZ GONZÁLEZ
University of León, Department of Geography and Geology, Spain
mjgong@unileon.es

Abstract

GIScience learning is the main aim of the GI Learner project, which can be easily achieved using the cloud: open data online from Spatial Data Infrastructures (SDI of Spain). School on the Cloud network has promoted a cloud-based learning approach by dealing with access, sharing and reusability of cloud resources. Thus, based on the results of two European projects, the objective of the article is to focus on improving awareness of sustainability by building itineraries based on places of interest within the best protected areas in Spain, the National Parks, using SDI geoinformation. The methodology of (re)using open data online from SDI by linking cloud knowledge with real Earth and the three selected Parks for a better spatial understanding has been shown to be a very useful way to understand territory. Thus, to improve the learning of sustainable management of National Parks by using cloud computing and SDI it may well prove to be an essential part of environmental education and social responsibility.

Keywords: *Spanish National Parks, open data, Maps-based learning, cloud-based GIScience learning, ArcGIS Online, WebGIS*

1. INTRODUCTION

Increased use of the cloud opens a new window to virtual visits which allows students to approach National Parks. They can visit those close to their schools by practising outdoor learning, but they can also get know those far from where they live.

Taking as a starting point, the concept of landscape agreed by the European Landscape Convention (2000) and the didactic premises that it sets out regarding the inscription of necessary learning, we are aware of the multiplicity of resources available today which contribute positively to develop the sensitivity and ethical sense of students and teachers towards landscapes in general, and protected natural areas in particular. Multiplicity responds

both to the increasing availability of web resources and geographic information offered by the cloud, as well as accessibility to new devices such as GPS, tablets or smartphones, which has meant a generalization in access to georeferenced information.

This article aims to bring together different types of landscapes in three Spanish National Parks for students in commemoration of the first centenary of: the first law regarding Spanish National Parks which was enacted in 1916 and the first National Park declared in 1918. The work methodology can be carried out on other Spanish National Parks, there are as many as fifteen National Parks. However due to a question of space only three were selected.

The origin of the concept of National Parks worldwide goes back to the International Union for Conservation of Nature (IUCN), founded in 1948, whose main objective was the development and promotion of scientific programs of nature preservation. Together with the United Nations, it developed the Global Strategy for Conservation of Nature, the basic document of the international conservation movement. It defines a protected area such as: "A clearly defined geographical space, recognised, dedicated and managed, through legal or other effective means, to achieve the long-term conservation of nature with associated ecosystem services and cultural values" (IUCN, 1994). One of the categories under the management of protected areas is the National Park. Described by Leroux *et al*., (2010) as large natural or near natural areas set aside to protect large-scale ecological processes, along with being complemented with species and ecosystems characteristic to the area. It provides a foundation for environmentally and culturally compatible, spiritual and scientific education as well as recreational and visitor opportunities. But, educational awareness of nature should be taken into account in order to minimize disturbance. Careful planning and implementation of research and other approved activities should also conserve cultural and spiritual values associated with nature (Dudley, 2008).

However, the first National Park in the world precedes this classification in categories, among the first of its kind in the world: Yellowstone (USA, 1872) with 8.983 km^2; Yosemite and Secuoya in California (USA, 1890).

Spain is one of the first countries in Europe to have started the policy of protection of natural areas, and one of the countries with the highest percentage of protected areas in relation to the total area (around 30% of the total territory). The Law of National Parks dates from 1916 and it is promulgated by Pedro Pidal's (the marquess of Villaviciosa) iniciative, and later by Eduardo Hernández Pacheco. This law included the aesthetic and landscape concept of a National Park. The first two National Parks were declared in 1918: Covadonga (since 1995 P. N. Picos de Europa) and Valle de Ordesa (155 km^2).

We are enhancing cloud-based learning possibilities (Lázaro, De Miguel & Buzo, 2017) for three National Parks: Covadonga-Picos de Europa, the first declared National Park and two wetland Parks: Doñana and Tablas de Daimiel (figure 1).

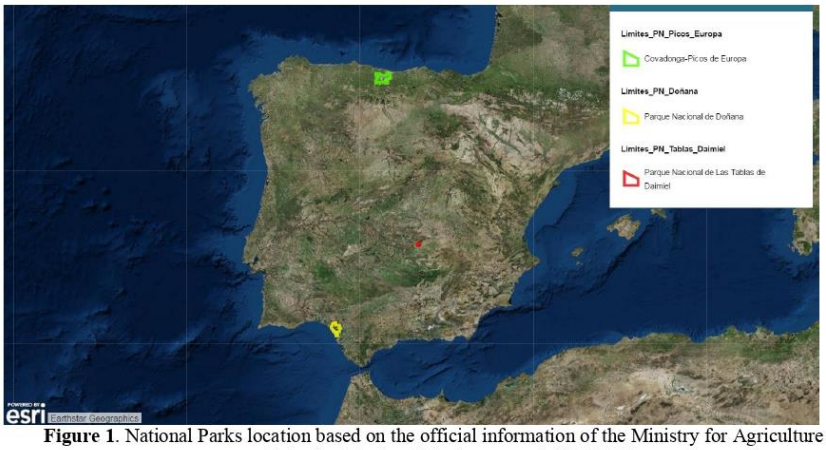


Figure 1. National Parks location based on the official information of the Ministry for Agriculture and Fisheries, Food and Environment (MAPAMA)

Located in very different parts of Spain, from the northern Eurosiberian region in Picos the Europa National Park, with no water problems, to the Mediterranean ecosystems in the South with severe water shortages during the summer in Doñana and Tablas de Daimiel which are very important wetlands for bird life and biodiversity.

They represent different ecosystems (table 1) within the Natura 2000 Network which must be preserved. Thus, the culture of conservation to preserve and conserve those large territories of wild nature with a geological and landscaping singularity, in addition to a rich biodiversity, is important.

Table 1. Main characteristics of the selected National Parks (in order of establishment)

Name (established)	Area (ha)	Provinces	Ecosystem	URL Official site
Picos de Europa (created 1918 and expanded in 1995)	64,660	Asturias, León, Cantabria	Eurosiberian. Atlantic forest on limestone formations.	http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/picos-europa/
Doñana (1969)	50,720	Huelva	Mediterranean: coastal wetlands and marshes very attractive to birds.	http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/donana/
Tablas de Daimiel (1973)	1,908	Ciudad Real	Mediterranean: in the wetlands that attracts primarily waterfowl.	http://www.mapama.gob.es/es/red-parques-nacionales/nuestros-parques/daimiel/

Source: Ministry for Agriculture and Fisheries, Food and Environment (MAPAMA)

Protection requires the limitation of the number of visitors in some cases (López *et al*, 2014), especially when their demand is excessive regarding the conservation of the park as can be seen in table 2. These limits have been introduced in Doñana. Many authors such as Balmford *et al*. (2015) speak about the risks of visits to protected areas.

Table 2. Number of visitors (2000-2015)

National Park	2000	2005	2010	2015
Picos de Europa	1.869.063	1.939.803	1.610.341	1.913.858
Doñana	385.563	376.521	341.961	300.287
Tablas Daimiel	115.503	123.413	398.742	192.025
Total 15 N.P.	10.252.799	10.728.378	9.610.447	14.429.535

Source: Ministry for Agriculture and Fisheries, Food and Environment (MAPAMA)

The Spatial Data Infrastructure centralized in the IDEE, coordinated by the Spanish National Geographic Institute (IGN) offers increased open geodata as a Web Map Service (WMS) (Lázaro, Izquierdo and González, 2016; Álvarez and Lázaro, 2017). This data can be seen on the SignA viewer (Lázaro, Álvarez and González, 2015), the node of the IDEE. There are at least three layers regarding Natura 2000 Network, which include Spanish National Parks and Protected European Areas: Habitats Directive Sites and Birds Directive Sites. For each Park, the information obtained corresponds to the last update (December 2016) and comprises the layers in vector format (shapefile) with the limits of the Park; the Peripheral Areas of Protection (ZP – Zona de Protección), which is the space adjacent to the Park with a legal regime that allows negative environmental impacts in the Park to be cushioned; and the Area of Socioeconomic Influence (AIS), which consists of municipalities that contribute land to the Park and in some cases adjoining municipalities.

These layers have been added to a web map on the ArcGIS Online WebGIS with the purpose of improving knowledge of the natural and cultural values of different unique spaces and their landscapes. WebGIS is a very useful resource for learning aims inside and outside the classroom (Lázaro, De Miguel and Morales, 2017). The storytelling of National Parks and some key activities enhance a social conservationist conscience. This will be added to the initiative of Atlas Digital Escolar (De Miguel *et al*, 2016) to be used by teachers and students in lessons.

We will explain the general objectives of the activities suitable for different levels: training secondary school teachers and secondary school students. Active methodology using web map-based learning jointly with cloud-based learning will be useful for learning aims. The background of the three Parks suggests an itinerary possible to follow, bringing the student through the virtual and real Park. All this information will be available online, so that the Parks can be worked on virtually and real way, helping to link representations and the real world.

2. OBJECTIVES

The main objective of approaching National Parks is to have a better knowledge of landscape and biodiversity that fosters social concern of conservation and contributes to the sustainable management of landscape.

To achieve this it has been necessary to work on environmental education and on improving lifelong learning aims such as spatial thinking, citizenship, digital competencies and collaborative work. We have focused on:

- Demonstrating how these spaces are a source of knowledge and environmental education in both formal and informal education and promote quality environmental education.
- Developing spatial skills, spatial knowledge and development of sustainable attitudes and actions on the territory that promote the improvement of knowledge of the natural and cultural values of the National Parks.
- WebGIS which allows geographical information and different types of layers (images, terrain, scale and others) to be captured or collected, stored, processed, transformed and manipulated, through their management and analysis in order to be interpreted and visualized for communicating.
- Promoting digital competencies, bringing the diversity of available technologies closer together for a better understanding and appreciation of space. Digital competencies have been extended to Google Drive for sharing material, Nearpod for voting and Flippboard for organizing news, among others.
- Learning about geolocation tools and digital map tools, using ArcGIS Online.
- Showing interest in and respect for the work of others in all project tasks.

3. METHODOLOGY

A WebGIS has been created to acquire a deeper understanding of the landscape and the above objectives. Collecting information from official cartography and geodata from the National Spatial Data Infrastructures (SDI) and using information from other sources, such as: A Creative Commons License (public) and news in different digital formats (newspapers, magazines, scientific magazines...) is the first step to create the WebGIS.

The content of each Park is shown at selected places of geographical interest (Crespo *et al*. 2018) for education or geolocated places which stand out in relation to the natural and cultural values of the space. Itineraries are established with various points of interest in relation to the values of National Parks. Making profiles with information on slopes, distances and location of reference points are downloadable from mobile terminals. A set of original high-definition georeferenced images and key links related to those images have been provided jointly with other open information of institutional pages (OAPN, AEMT, IGN, IGME) or geographic viewers and virtual globes (e.g. Iberpix or Google Earth). Key questions and comments related to each point of educational interest have been proposed by the teaching staff.

The three Parks already cited have served to exemplify map-based learning with the map on the cloud using GIScience (Lázaro, De Miguel and González, 2017).

4. PICOS DE EUROPA

This is an amazing landscape of gorges, valleys, lakes, depressions and gullies that the Quaternary glaciers and rivers carved into a massive formation of limestone (IGME, 2010) originally coloured by the Atlantic forest with alternation of small forests of Mediterranean character (González et al, 2004, 2007). There are two main rivers the Cares and the Deva, both are the main salmon rivers of the Iberian peninsula.

Several endemic plant species are to be found on high mountains and there is the unique European autochthonous forest of Tilos. The Park is also rich in fauna (amphibians, reptiles, birds and terrestrial mammals) very representative of the Iberian peninsula such as the brown bear or the grouse. The traditional agro-livestock has preserved landscape and created a unique mosaic of forest, scrubland and grassland, which has become the habitat of many species. The Picos de Europa and Monfragüe Parks are the only Spanish National Parks with population living inside them.

There are 30 paths which are perfectly organize. We have selected the main part of the Park represented in one itinerary beginning at Picos de Europa Caín de Valdeón and ending at Soto de Sajambre (figure 2) 200 km to be done by car with five main stops.

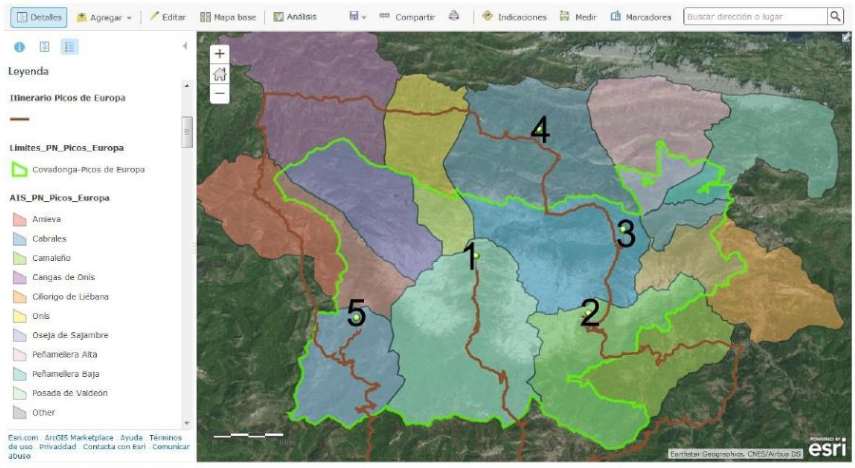


Figure 2. Municipalities within the Park and the Picos de Europa Caín de Valdeón - Soto de Sajambre. itinerary (in brown), the stops are represented by pins and the extension of the Park by a green line. Source: Based on MAPAMA and IGN open data.

There are five places of interest (figure 2): (1) Cain (Tila); (2) Alive Mines (Camaleño); (3) Sotres (Cabañas and Cabrales); (4) Limestone Peak of Bulnes and (5) Hayedo de Soto de Sajambre (From the shelter of Vegabaño) (table 3). It is advisable to visit in spring or early autumn, when temperatures are not extreme and you can appreciate a change in the scenery. The fog in autumn and winter make it impossible to visit the Limestone Peak of Bulnes. One must leave one's car in the Hotel Aliva car park and walk along a path of low difficulty that leads to the Alive mining complex (2.5 km/ 35-40 minutes).

Table 3. Main geographical places of interest (stops) within the selected itinerary in N.P. Picos de Europa

Interest place	Caín (Tila)	Alive Mines (Camaleño)	Sotres (Cabañas and Cabrales)	Limestone peak of Bulnes	Hayedo de Soto de Sajambre
Why?	The sickle of Caín is a valley created by glacial processes with fluvial deposits. Rides and folds on limestones come from Hercynian orogeny. Los Molinos and Jarda are two karstic springs. The small village of Caín de Valdeón traditionally used to produce Tila.	Mining of zinc and lead in Espinama (Liébana, Cantabria), created in 1853 by the Real Asturiana Mining Company, abandoned in 1989.	Sotres is the highest town in all Asturias, the area of Cabrales is well known for its cheese culture ("Cabrales Cheese"), thus there are many traditional shepherd's huts.	Biodiversity: eagles, vultures (e.g.bearded) some Urogallos, Rebeco (*Rupicrapa rupicrapa*), brown bears, wolves, wild boar, roe deer, wild cats, martens, weasels, antlers, among others. More than 2000 different vegetation species.	Vegabaño is a mountain pass in a meadow at an altitude of 1,432 m. It is surrounded by a forest of beech and oaks. Soto de Sajambre is the closest village. It is in walking distance.
Learning objectives	-To find out about the topographic profile of the route. - To identify: (i) the characteristics of the environment and (ii) the species Tilia Platyphyllos. - To learn georeferencing. - To understand what can and cannot be done inside different zones of the park.	- To analyse the evolution of these mines, the importance of their production and why they stopped being exploited. - To know how to search for information autonomously and analyse it. - To become aware of environmental problems.	-To understand the "Cabrales Cheese" culture (mainly constructions, traditions and gastronomy) and landscape.	- To introduce the concept of geological and natural landscape. - To choose a suitable scale either 1: 25,000 or 1: 50,000, to locate the place on a map. - To relate the edaphic system, flora, fauna and climate characteristics. - To observe different tourist and mountaineer routes of the valleys and the importance of good management. - To be aware of the fragility and value of the landscape and the different levels / degrees of protection in the Park.	- To learn about relict forest and become aware of its high fragility. - To detect factors that have made the survival of beech and oak trees possible such as orientation, humidity or climate. - The use of mobile applications, apps, and information searches on computing devices to locate, georeferences and look for information about the place. - To become aware of the environmental problems affecting the landscape.
Activities	-Georeferencing the starting point and the end of the route prior to departure. -Observe the topographic profile of the route that it is going to be carried out. -Take pictures or do drawings in order to identify the species Tilia Platyphyllos (leaf type, arrangement of branches, fruits, bark, and height among others).	-Georeferencing the exact place of the mine on a mobile application. - How does mining laundry work? - Analysing the environmental problems of this type of activity.	-Georeferencing the exact location of every stop and record the whole itinerary on a mobile application. -Ask about the main steps necessary to elaborate Cabrales cheese. -Observe and describe the landscape (grazing huts and caves for the ripening of the cheese) and clouds of the sky.	-Locate on the 1: 50,000 IGN map the place visited, georeference it and see the viewshed. Make a topographical profile with vegetation changes. -Identify the most interesting inactive glaciers of the landscape and evaluate the beginnings of the routes along valley. Is it possible to make a tourist pass? -Look for any changes produced by antropic action and launch hypotheses about the evolution and future of this area.	-Georeferencing the exact place on the itinerary on the mobile application and locate the exact point on the IGN 1:50,000 map -Analising the characteristics that beech and oak trees need to survive (relief, soil, orientation, humidity, weather among others). -Pointing to conclusions about its state and sustainability.

5. DOÑANA

Doñana was named a World Heritage Site by UNESCO in 1994. It was previously declared a Biosphere Reserve in 1980 and was included as a wetland of the Ramsar Convention in 1982. Thus, Doñana is part of the Natura 2000 network.

These important declarations came about as a result of biodiversity importance. Around one thousand different plant species and more than 200 birds as well as protected mammals e.g. the Iberian lynx, fish, reptiles and amphibians are found there.

UNESCO has put the spotlight on Doñana because of the increase in the number of threats that hover over the Park:

a) Unsustainable management of water, which could be solved by providing water from rivers further away or other rivers. There are two main water problems which mean that water input has been reduced drastically to around 20%. One problem derived from overexploitation of the aquifer through agriculture (vineyard and olive tree irrigation and intensive crops under plastic such as strawberries) which alters its own hydrology (rivers and streams) and the channeling of the Guadiamar river (WWF, 2009). The second is due to the dredging of the Guadalquivir river for the transit of ships to the port of Seville. The level of the river is descending and so sea water is being introduced onto the land and damaging biodiversity. Salinisation processes have begun on the aquifer system.

b) Gas Natural has been extracting methane since the nineties and gas wells are being constructed inside the Park. Four gas wells have been proposed, two of them inside the Park which experts consider as incompatible activity for Doñana National Park.

c) The Aznalcóllar mine was authorised to restart activity in 1999. Mining contaminates and many ecological disasters happened in the huge catastrophe in 1998, which spread contaminated water from the mine to Doñana. Consequently, during the following days 30 tons of fish died as well as 170 kilos of crabs and amphibians (WWF, 2002). Three years of intensive work and around €400 million were necessary to solve the main part of the problem. Mining is the main source of employment in this deprived area. Thus, it appropriates environmental management of the mine before and after the disaster.

d) The last fire (June-July 2017) that devastated more than 8000 ha, although nature is beginning to regenerate the forest, the ecological restitution would be advisable.

There are different landscapes (MAPAMA, 2017) that can be appreciated (Figure 3):

1. Mobile dunes and beaches, sand mountains which move near the beach towards the inner land. Some colonized because of rushes (*juncus subulatus*) and juniperus on the upper part (*Juniperus oxycedrus subsp. macrocarpa*). While they move, they hide the Mediterranean forest that reappears after the dunes have dissapeared.
2. Marshlands, locally called “marismas”, are wetlands flooded by streams which depend on the rain/rainfall, migrating birds nest and rest during winter and breed here. Flamingos (*phoenicopterus ruber*) as well as ducks, goose and concentrations of other anatidae families of birds are easily seen on the marshes.
3. Mediterranean forest and bushland, with cork oaks, reforested pine trees, arbutus and Mediterranean bushes.



Figure 3. Doñana extension (yellow line) and municipalities within the Park. Itinerary to be visited (brown line). The three ecosystems of the Park (1) dunes and beaches, (2) marshes and (3) Mediterranean forest. Source: Based on MAPAMA and IGN open data.

The number of visitors to the Park has decreased due to a strict law, perhaps in relation to the given European Chart on Sustainable Tourism in 2006. Thus, there is a recommended organized route starting at El Acebuche visitors centre which returns to the same point which is around 63 kilometres long and takes approximately four hours by a 4x4 car.

Table 4. Main geographical interest stops within the selected itinerary in N.P. Doñana

Interest place	Visitors centre: El Acebuche	Dunes and beaches	Marsh called "Marisma"	Mediterranean forest
Why?	The beginning and end of the itinerary. There is a general exhibition about Doñana N.P. I Booking in advance is advisable if using a 4x4.	Mobile dunes move around 6 m a year. They hide the forest, which after its passage, is regenerated again.	Wet zone for migrating birds' nests and breeding during winter. Some vegetation is seasonal and depends on the predominance of salt water or fresh water from steams and rainfall.	Cork oaks, arbutus, olive trees and pine trees of reforestation lend their branches to nesting and sheltering birds. There are different hunting species (wild boar, deer, hares and rabbits.) and protected endangered species such as the Iberian lynx or the imperial eagle, among many others.
Learning objectives	Get an overview of the Park and its problems before the visit.	Understand the movement of the dune in the context of the Doñana dune landscape.	Understand marsh landscape.	Understand the forest in a context of sandy soils with the organic inputs of the forest itself.
Activities	-Find out about the main ecosystems to be visited. -Install a GPS program on your mobile device (eg Maps of Spain, OruxMaps, Runtastic, Map Plus or Motion X GPS) to record the track and track the points of interest), If possible it should be accompanied by a photograph showing the interest of the place.	-What is the difference between a mobile dune and one that is not? How does vegetation act in each of them? -What is the predominant wind? In what direction do you think the dunes will continue to move? -Which parts does a dune consist of? -Is it safe to walk on the dunes? Explain your answer. -Take a point through which you have passed and observe the dunes with ease.	-Investigate what is meant by Lucio, what is the difference between high and low tide ... (you can get help from the MAPAMA website) -Observe and take some images of the vegetation, name them and add the name in Latin. -Take the geographical reference of the waypoint from where you took the image. -Is the "Marismeño" ecosystem fragile? Explain your answer.	- Do you recognize any of the species of vegetation? What climatic and edaphic conditions do they need to survive? -Did you have the chance to see any animals? Which? Do they live permanently in Doñana? Briefly describe their characteristics. -Write down the coordinates of- one of the places you visited and find it on your itinerary. -Have you noticed any problems during the visit to the Park? Give a broad explanation.

6. TABLAS DE DAIMIEL

Tablas de Daimiel was declared a National Park in 1973, a biosphere reserve in 1981 and it was included in the Ramsar Convention in 1982. The National Park is located in the municipalities of Daimiel and Villarrubia de los Ojos in the province of Ciudad Real. Tablas is one of the few examples in Europe of an ecosystem called "fluvial tables". This is thanks to the flood of two rivers, the Guadiana, with fresh and permanent waters, and the Gigüela, with salt and seasonal water. This combination of waters leads us to write about salty wetland.

One of the richest features of the Park is the abundance of different animal and plant species. On the one hand, we can emphasise the existence of some fowl: herons, ducks or rattles; some mammals, like wild boars, foxes, rabbits or Iberian hares; and fish, e.g. crab or the American red crab. On the other hand, we can observe different types of plants from the Mediterranean forest.

The National Park presents three major problems:

a) The misuse of land through agricultural activity and overexploitation of water resources, which is necessary for the lagoon and for some animal and vegetable species to survive. Moreover, the use of chemicals in intensive agriculture dominates the surroundings of the Park.

b) Low quality tourism in terms of awareness of the population regarding protected areas. Because of this, it is important to carry out tourism related to the environment.

c) Lack of awareness regarding the values of the National Park which could be fostered through policies and environmental education, including campaigns for farmers who use chemical fertilizers and who harvest in areas surroundings the Park.

To conclude, a set of problems that harm the Park which the study highlights and the diagnosis is carried out by competent authorities of *Master Plan of Use and Management*.

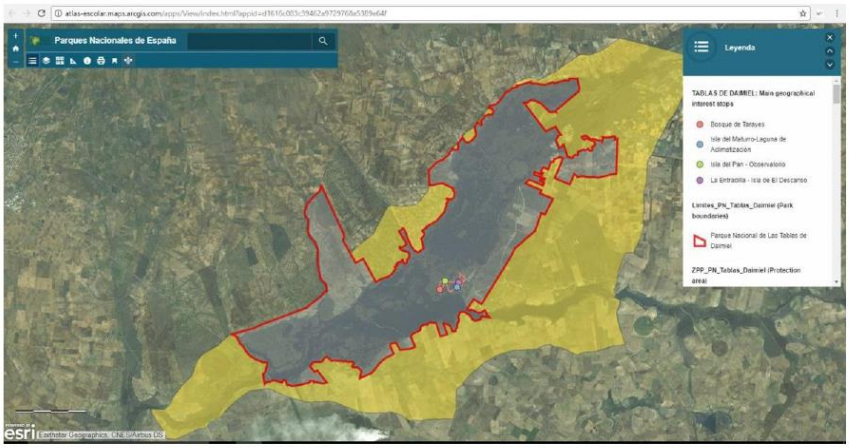


Figure 4. Base map for the group of students who will work on WebGIS. Main geographical interest stops. Source: Based on MAPAMA and IGN open data.

Table 5. Main geographical interest places (stops) on the selected itinerary in Tablas de Daimiel N.P.

Place of Interest	La Entradilla Island – El Descanso	Pan Island	Tarayes Forest	Maturro Island
Why?	La Entradilla is the first island to be found in the Park. It helps to explain how we are going to go about the itinerary (over wooden bridges) and to observe the first birds and explain their relationship with the aquatic environment in the protected spaces from the peninsular interior. From there, we will pass to El Descanso Island, where we will observe the first waterfowl, depending on the season.	Students will learn to observe the phenomenon of the island in Tablas, as well as its relationship with biodiversity and migratory and permanent populations of birds.	The Tarayes Forest is the fourth geographical point of interest, in which students can observe the growth of shrub species such as tarayes, which is a shrub of reddish colour. This species grows thanks to the humidity of the ecosystem.	The last two stops are on the island of Maturro, where we find our second point of interest: the Acclimation Lagoon, where students can observe a set of different species of anatidas, which can be observed as part of a group or individually, performing all kinds of movements in the water of the lagoon.
Learning objectives	-Understand the rules of behaviour inside the National Park. -Introduce the study of the environment Identify the characteristics of salty wetland. -Identify the first waterfowl	-Understand the concept of the flow table -Observe waterfowl, ducks, geese and other water birds. - Understand the difference between migratory birds and native birds	-Observe and take note of the physical characteristics of the tarayes. -Assess and show respect through the protection of plant species. -Observe the type of birds and nests.	-Understand the importance of the values and problems on National Parks. Find waterfowl in the Acclimation Lagoon. Take note of environmental problems and how to aware on them.
Activities	-Georeferencing the starting point on a GPS (Garmin, Orux Maps, My Tracks) -Install Naturaleza MAPAMA app on a mobile phone or tablet -Take photos of the waterfowl (ducks, goose and other water birds) -Make notes in the field notebook of birds and the characteristics of the salty wetland.	-Georeferencing the Bird - Observatory point Ask students: why do birds migrate? - What factors depend on this mobility of birds? -Make notes of the differences between migratory and native birds -Take photos of two types of birds	-Georeferencing the point as an observatory of the characteristic flora of this island -Take note of the physical characteristics of plant species -Make notes of the birds that nest in this type of shrub forest -Photographing plant and animal species	-Georeferencing the point of the island of Maturro and finishing the track in the Acclimatization Lagoon -Make notes on the birds of Acclimatisation Lagoon -Make brief conclusions about the protection and care of National Parks -Deliver the field book with all the activities and notes taken during the visit to the Park, as well as preparing a dissertation on the values and problems of Las Tablas de Daimiel.

The students' approach to the problems and values presented in Tablas de Daimiel National Park was carried out using WebGIS (figure 5), images (figure 5a) and the News (figure 5b). Thus, three work groups were considered using the application nearpod.com. Each group uploaded a presentation focused on a particular aspect and they voted to go to the most voted for Park (figure 5c).

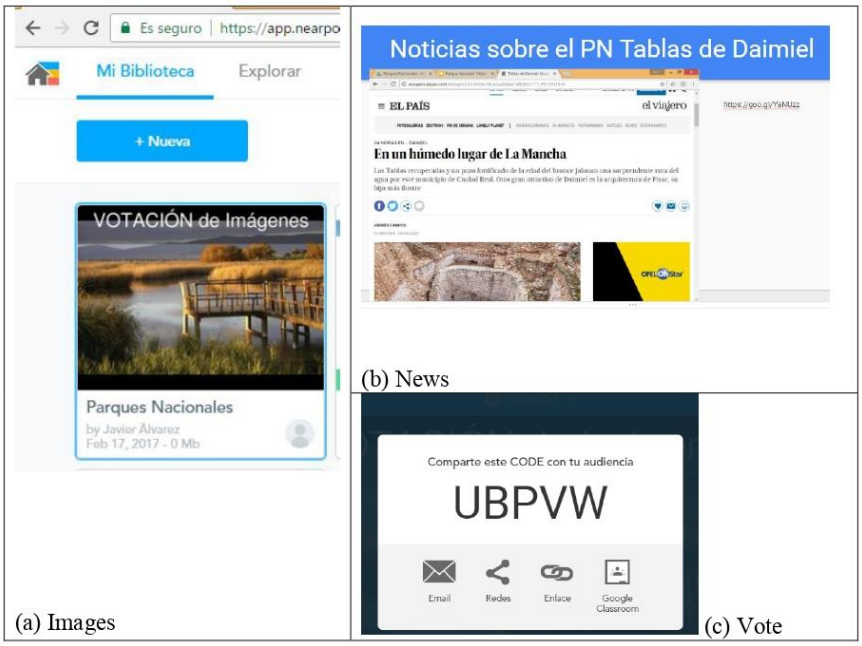


Figure 5. Activities online

Students enjoyed the field-work and showed satisfaction after their lesson. They even showed eagerness to learn about more features of Spanish National Parks, as well as proposing other visits to other parks, because they told us that they had learnt more in the National Park than from the unit on the environment and doing activities in the classroom.

7. LEARNING RESULTS

The project material and activities invited students to use the cloud in order to learn about protected areas in Spain. Teachers have created material, using open data, for this aim.

The main observed learning results have demonstrated that students showed awareness of values and problems. Students were motivated when creating new scenarios and using a wide variety of resources for significant learning.

The material proved to be very useful before the field trip to Las Tablas de Daimiel. Spatial and digital competencies have improved as students can do an analysis of the interactive map, which integrates the SDI and geographical information.

An important way to improve learning is a field trip to the National Parks landscapes (Lázaro, De Miguel and Buzo, 2016).

8. CONCLUSIONS

To learn about Spanish National Parks is possible using open data on the cloud. The geodata can be integrated on a WebGIS as useful figures and layers. Therefore, improving learning by using geo-technologies on the cloud is somewhat achievable. This is a new way of obtaining better knowledge of landscape and biodiversity that fosters social conscience of conservation and contributes to a sustainable management of the landscape.

WebGIS has promoted digital and GIS competencies on collecting, storing, processing, transforming and manipulating geographical information, through its management and analysis in order to interpret and visualize it to communicate this type of information, bringing the diversity of available technologies closer together for a better understanding and appreciation of space. Linking virtual knowledge with real Earth is the objective of this work that has been undertaken.

ACKNOWLEDGEMENTS

The authors were funded by a grant from the Complutense University of Madrid for the Innovation and Improvement of Teaching Quality Project "Aplicación de las tecnologías de la información geográfica en el diseño de itinerarios para la educación en paisaje en el ámbito de los Parques Nacionales Españoles", PIMCD 52/2016 (Application of technologies of geographic information in the design of itineraries for education in the landscape and in the scope of the Spanish National Parks): with the help of a large team: Dr. M.A. Alcolea, J. Álvarez, I. Buzo, J.M. Crespo, L.A. Cruz, Dr. R. De Miguel, Dr. J.J. Delgado, R. Felipe, Dr. M.L. Gómez Ruiz, Dr. M.J. González, C. Guallart, Dr. M.L. de Lázaro, Dr. M. T. Palacios, Dr. J.A. Sánchez, Dr. M. Sotelo, J. Velilla.

The introduction of GIScience to this work is the line followed on the GI Learner project: Developing a learning line on GIScience in education (2015-1-BE02-KA201- 012306), in which the authors are collaborating.

The authors would especially like to thank the English review of Martina Kavanagh.

REFERENCES

Álvarez, J. and Lázaro, M.L. de, 2017. Spatial Data Infrastructure and Learning Geography *European Journal of Geography* 8 (3), 19-29.

Balmford A, Green JMH, Anderson M, Beresford J, Huang C, Naidoo R, *et al*. 2015. Walk on the Wild Side: Estimating the Global Magnitude of Visits to Protected Areas. *PLoS Biol* 13(2): e1002074. doi:10.1371/journal.pbio.1002074

Crespo, J.M., Cruz, L.A., Gómez, M.L. 2018, Diseño de itinerarios didácticos en parques nacionales españoles aplicando tecnologías de la información geográfica (Didactic itineraries in Spanish national parks using GEOICT). *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía*, 11.

De Miguel González, R., De Lázaro y Torres, M.L., Velilla Gil, J., Buzo Sánchez, I. and Guallart, C. 2016. Atlas Digital Escolar: Internet, geografía y educación. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales* Retrieved from <http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-212.pdf>.

Dudley, N. (Ed.), 2008. *Guidelines for Applying Protected Area Management Categories*. IUCN, Gland, Switzerland.

Europe, C. O. (2000). *European Landscape Convention*, Florence, 20 October 2000.

González González, M. J. and Villoldo Álvarez, A. 2004. Contradicciones en la administración y la gestión sostenible de los espacios naturales: El Parque nacional de los picos de Europa ¿Espacio real o inventado? *Revista internacional de marketing público y no lucrativo,* 1(1): 111-124.

González González M. J. 2007. L'administration et la gestion durable des espaces naturels: Le parc national des «Picos de Europa » Espagne. *Revue Géographie des Pyrènèss et du Sud-Ouest*, 23 : 113-125.

IGME. 2010. *Guía geológica de los Picos de Europa*. Everest. http://www.igme.es/LibrosE/GuiasGeo/picosdeeuropa/index.html#42

IUCN, 1994. *Guidelines for Protected Area Management Categories*. CNPPA with the assistance of WCMC, Cambridge, UK.

Lázaro, M.L. de, Álvarez, J. and González, M.J. 2015. "Aprender geografía de España empleando SignA" en *Investigar para innovar en la enseñanza de la Geografía*. Universidad de Alicante, pp.25-39.

Lázaro, M.L.; Izquierdo, S. and González, M.J. 2016. "Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria" (Geodata and Landscape: From the Cloud to Lectures). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, 70: 371-391. DOI: 10.21138/bage.2175. English version retrieved from: http://www.age-geografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2245/2132

Lázaro, M.L.; De Miguel, R. and Buzo, I. 2016. Outdoor Learning and Geography on the Cloud: A Challenge for the European "School on the Cloud" Network. The *International Journal of Technologies in Learning*: 23 (3): 1-13. DOI: 10.18848/2327-0144/CGP. © Common Ground Publishing.

Lázaro, M.L. de, De Miguel, R. and González, M.J. 2017. "Flipped teaching: A useful method for cloud-based GIScience learning" in Doukas and Kostopoulos *Educational Design and Cloud Computing in Modern Classroom Settings*.

Lázaro, M.L. de, De Miguel, R. and Morales, J.F. 2017. WebGIS and geospatial technologies for landscape education on personalized learning contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information. 6(11):350.*

Lázaro, M. L. de, De Miguel, R., & Buzo, I. (2017). El Proyecto School on the Cloud: Lecciones Aprendidas= School on the Cloud Project: Lessons Learned. Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía, (10), 103-120.

Leroux, S. J., Krawchuk, M. A., Schmiegelow, F., Cumming, S. G., Lisgo, K., Anderson, L. G., & Petkova, M. 2010. Global protected areas and IUCN designations: Do the categories match the conditions? *Biological conservation,* 143(3): 609-616.

López Bonilla, J.M, Boerasu, A.E, López Bonilla, L.M. 2014. Perfiles de los visitantes en el turismo de naturaleza: Análisis exploratorio en el entorno de Doñana. *International Journal of World of Tourism*, 1 (1). Recuperado de: http://www.aloj.us.es/ftf/Inter_Journal_World_Tourism_Vol1_Num_1_2.pdf

WWF. 2002. *Mining in Doñana.* Available on http://assets.wwf.es/downloads/mining_in_donana_english.pdf

WWF. 2009. *Environmental flows in the marsh of the National Park of Doñana and its area of influence*. Available on http://www.wwf.de/fileadmin/fm-wwf/Publikationen-PDF/Environmental_flows_in_the_marsh_of_the_National_Park_of_Donana.pdf

Conclusiones parciales del artículo 3

Es posible el empleo de datos abiertos para el aprendizaje sobre los Parques Nacionales de España. Los geodatos integrados en una SIG Web son útiles para el aprendizaje de los aspectos territoriales, ambientales y geográficos de dichos paisajes protegidos. Es una nueva forma de mejorar la comprensión territorial, y hacer que las actitudes por parte de los estudiantes cambien. De este modo, los estudiantes plantean diferentes acciones responsables para la protección y conservación, adquiriendo competencias digitales, geoespaciales y sociales.

Artículo n.º 4. Álvarez-Otero, Javier y Lázaro y Torres, María Luisa de (2018b). **Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model.** *Educ. Sci.,* *8*(171), 1-14. https://doi.org/10.3390/educsci8040171 ISSN 2227-7102.

El artículo nº. 4 es otro ejemplo de intervención, publicando los resultados de llevar a cabo un método de aula, para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y para el que se ha empleado el modelo docente TPACK que integra tecnologías, contenidos y pedagogía.

En este artículo se recogen los resultados de su primera aplicación (curso 2017-2018), trabajando los ODS 1 y 2 (*Fin de la pobreza* y *Hambre cero*).

education sciences

MDPI

Article

Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model

Javier Álvarez-Otero [1,*] and María Luisa de Lázaro y Torres [2,*]

[1] Faculty of Education, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Universidad Complutense de Madrid, Calle Rector Royo Villanova s/n, 28040 Madrid, Spain
[2] Geography Department, Universidad Nacional de Educación a Distancia, Paseo de la Senda del Rey 7, 28040 Madrid, Spain
* Correspondence: javier.alvarez.otero@ucm.es (J.Á.-O.); mllazaro@geo.uned.es (M.L.d.L.yT.)

Received: 22 September 2018; Accepted: 14 October 2018; Published: 16 October 2018



Abstract: Education in Sustainable Development Goals is a basic step in attaining its objectives, and, therefore, it has been undertaken by broad sectors of the teaching community. Nevertheless, the "sustainability curriculum" derived from the Sustainable Development Goals, in this case based on the data of the Spatial Data Infrastructures, in spite of its teaching and research potential, is something with which the teaching body is not yet familiar. The results of the fieldwork carried out (questionnaires and Delphi technique) prove this to be the case. For this reason, in order to educate geographically in reflection and collaboration with the aims of the Sustainable Development Goals, the viewing, in a GIS on the Cloud (WebGIS) of indicators of interest is proposed for the Sustainable Development Goals taken from the Spatial Data Infrastructures within the framework of the TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) model. To facilitate all these learning objectives, a proposal for good practices in the classrooms of secondary schools and another proposal for university lectures have been designed, and the results applied and analyzed. These examples demonstrate empirically that, with adequate pedagogical tools, an education in geography for global understanding by integrating Sustainable Development Goals and Spatial Data Infrastructures can be achieved, which is what the TPACK model pursues.

Keywords: geographical education; Sustainable Development Goals; Spatial Data Infrastructures; TPACK; teaching competencies

1. Introduction

The concept of sustainable development originates in the definition given by the Norwegian Prime Minister Gro Harlem Brundtland in the report "Our Common Future" (1987), which expressed the growing concern of society about the limitations of our resources and their inequitable distribution. Various initiatives have taken up this global problem, which remains unsolved (the 1992 Rio Summit, the 2000 Millennium Summit, the 2012 UN Summit on Sustainable Development Rio+20, Agenda 21, and others). In this context the UN takes the initiative in formulating 17 Sustainable Development Goals (SDGs) which, approved in 2015, should enter into force on 1 January 2016, with the aim of achieving them in fifteen years. This roadmap, which is known as Agenda 2030, includes 128 goals, a "plan of action for people, planet and prosperity. It also seeks to strengthen universal peace in larger freedom." [1]. The SDGs seek a multidimensional model of development that would guarantee sustainability. This is a complex process of political and economic discussion, with no consensus and different viewpoints, which must also be addressed through education.

Nelson Mandela stated in one of his speeches that: "Education is the most powerful weapon to change the world". In this is reflected the importance of acquiring knowledge, competencies, skills and attitudes for transforming a more and more rapidly changing world. There is a broad array of different organizations that promote this line of work, one of whose main accomplishments being the proclamation of the United Nations Decade of Education for Sustainable Development (DESD), (2005–2014), approved in UN General Assembly Resolution 57/254 [2].

Various publications demonstrate how to implant these initiatives in classrooms, for example, the "Education for Sustainable Development Toolkit" [3] now built around education and innovation ("smart") [4]. In the latter, only three short paragraphs are devoted to education, pointing out certain deficiencies to be corrected, formation being considered the fundamental base for sustainable development, as knowledge and good practices stimulate education for sustainable development (ESD). For this purpose, the tool of continuing education is offered. Other authors base the pillars of education on the SDGs dealing with the "sustainabilization" of the curriculum, a process whose aim is to educate for sustainable development by activating behaviors [5]. The Lucerne Declaration on Geographical Education for Sustainable Development [6], published by the Commission on Geographical Education of the International Geographical Union, lays the foundations of the transdisciplinary approach permitted by the SDGs, which are very appropriate in geographical education. Any professional of geographical teaching who analyzes and works in sustainable development can choose from the points of interest and treat them, using different scales, in search of an integrated development that would include the social (including political and cultural), environmental, and economic dimensions. The social aspects are related to the population. What is most important is the objective of ending poverty, which would be achieved by the distribution of wealth and the satisfaction of human necessities. The environmental aspect is concerned principally with the protection of natural resources, the alteration and degradation of the ecosystems and their diversity, climatic change, and the changes in the uses of the land. The economic aspect oversees the need to create wealth and to ensure the prosperity of the entire population.

2. Objectives and Method

Educating in the Objectives of Sustainable Development entails pointing out the problems of the present-day world as compiled in the 17 Sustainable Development Goals, not only to reflect on them, but also to activate new behaviors. It is important to build bridges between the citizenry and education, taking advantage of synergies, making compatible what is learned in the classroom with the necessities that society demands. Thus, the working objectives are based on three pillars that constitute the aspects defended by the TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) model: the first would be to show the problems of the present-day world from the SDGs viewpoint, using the information of the SDIs and to look for solutions by means of viewing this information on a WebGIS; the second would be to prepare the teachers in these problems and form technological tools as a key piece so that the student can make sense of the data; and thirdly, design and experiment with interventions (good practices) that should demonstrate that all the previous objectives are possible. For this reason, the teaching staff should know the content (SDGs) and the technology for collecting, using, analyzing, processing, and sharing data [7]; this is a useful methodology for students to learn about SDGs in order to fulfill the 2030 Agenda [8]. These three objectives are those that we will develop below, following the presentation of the results of the field work in which various questionnaires have been given to active and future professors for the purpose of studying their previous knowledge in the use of the SDIs (technology) in undertaking the SDGs (content).

3. The Wealth of Data of the Spatial Data Infrastructures for Addressing the Sustainable Development Goals

The data, with its three main components–thematic, temporal and spatial–is the prime material for the territorial analysis of any phenomenon. This data located in the territory is called a geodata

(georeferenced or geolocated data). For this reason, territory, which sustains the datum, emerges with renewed importance, which the experts call neogeography [9], and whose enormous and growing volume causes many authors to speak of Big (Geo) data [10].

In this context, the citizen must learn to interpret spatial data beginning at school, and to acquire competences in using geospatial data. This is not possible without training the teachers in the use of the Infrastructures of Spatial Data (SDI). The official organisms make available the datum referenced in the territory (geodata) updated in real time, and with guaranteed inter-operability, in compliance with various harmonizing norms, standards, and specifications [11]. In this way, the "SDIs have emerged as an enabling platform that can also be applied to sustainable development challenges" thus supporting "the need to integrate geospatial information into sustainable development processes" [12]. These authors also suggested a National Geospatial Strategic Framework to integrate geospatial information into national sustainable development policies and strategies.

Obtaining data from the SDIs and integrating them into the Geographic Information Systems on the cloud or WebGIS is of great assistance for these objectives in education [13–18], because it is an excellent field for the active teaching of the use of collaborative working techniques, and it also leads to the benefits that the TPACK promotes. It has been shown that a WebGIS reinforces learning and is integrated into a novel educational current whose success in the classroom has been noted by numerous authors [19–27]. But this is not enough: in this world full of fake news [28], the students must learn as well to look for and evaluate the quality of the data, not only with respect to the precision of the location, of the attributes or of the logical consistency (relation between the layers and within the same layer), but also to the problems derived from the modifiable spatial unit.

4. The Key Piece Is the Teaching Body

4.1. Analysis of the Previous Knowledge of the Teaching Body

The evidence of the little or no knowledge of the SDIs has been made clear in a series of surveys and interviews with secondary school (Middle, Upper and High School/K7 to K12) and university professors in order to know whether or not they used the SDIs in their classrooms and lectures.

Various waves of different techniques have been applied. The first was a simple questionnaire that was answered before and after a summer course taught at the UNED and dedicated to teacher training ("Strategies for geospatial knowledge in secondary teaching", Mérida, Badajoz, 10–12 July 2017). None of the 15 who attended claimed knowledge of the SDIs before the course began. The objective of the course was to use the open data of the SDIs on the WebGIS of the platform ArcGIS online TM, Esri® (AGOL). Consequently, at the end of the course these professors not only knew what an SDI is, but they also learned to integrate its data on a web map.

In a new survey conducted in primary and secondary schools of the Community of Madrid and in Ávila, with a universe of one hundred professors (n = 100), 98% had no knowledge of SDIs. Only those who in their academic life received training in Geographic Information Systems (GIS) knew the initials, but in the informal interviews conducted, they stated that they did not use them in class because of certain problems of usability or of connection mentioned in various studies [29], in which the advantages are also pointed out.

The results of the Delphi technique, intended for professors and experts in SDI [30], showed a varied knowledge of SDIs and a certain skepticism in their use for teaching purposes, in spite of the fact that the majority of the existing geographic viewers on the Internet took their data from the SDIs.

For these reasons, we can state that the majority of the teaching staff is not familiar with the SDIs, even though they are used in many of the tools offered by geo-services or services based on geo-positioning and are very useful in employing the GPS for didactic purposes [31].

4.2. The TPACK Model

With these premises, we arrive at the TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) model, designed by Mishra and Koehler [32], which adds a technological dimension to the model previously created by Shulman [33] for knowledge of the pedagogical content (PACK). None of these three elements, pedagogy, disciplinary content and technology, in itself, would produce a satisfactory learning result. We can add that the interaction of these three elements bridges the gaps between content and professors, among professors, between professors and student and among the students themselves, which facilitates the collaborative learning defended by many professors who speak of Information and Communication Technology (ICT) [34,35].

There are different initiatives in its application to the formation of teachers at different educational levels [36–39], and in different disciplines, such as music [40], and also in geography [41,42].

The model does not attempt to enrich the content and the pedagogy implemented by the evolution of technology, but, rather, it defends the concept that technology requires new methodologies and new disciplinary concepts, and vice versa. This is a complex and weakly structured task [43], which in this case requires the teachers to integrate the following into their assets: disciplinary content related to the SDGs in all their dimensions (environmental or ecological, of economic and social development, as well as adequate governance); knowing how to teach them (geographic and pedagogic education), and being able to use the technology most appropriate to achieve both ends (open geodata of the SDIs integrated into a WebGIS). All this is for the purpose of promoting reflection from the point of view of sustainable development and of changing behaviors through the competencies of critical analysis and systemic reflection [5].

Below are shown examples of the evidence of the use of the SDIs in secondary school and university classrooms as an essential source of territorial information, demonstrating that knowledge of the content is the knowledge that the teacher has constructed on the discipline that he teaches, it being possible to integrate into the geographic themes the SDGs and the data from the SDIs viewed on a WebGIS within the framework of the TPACK model.

5. Good Practices Proposal in Secondary School Classrooms

The publication of UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) [44], Education for Sustainable Development Goals, shows how key pedagogic approaches for the Education for Sustainable Development center on the student, which gives him or her autonomy and requires the detection of his or her previous knowledge, which, in this case, we have done by means of a questionnaire in the *Kahoot* application, thus connecting with gamification.

The second approach emphasized is learning oriented toward action, which is resolved by using service learning. This responds to the idea of designing an action and carrying it out in order to learn with it. This is part of the Kolb scheme [45], which commences with a concrete experience in order to observe and reflect on it, form concepts that allow generalizations and apply these abstract concepts to new situations.

And finally, transformational learning, which begins with the students' comprehension of the world and invites critical and disruptive thinking and allows co-creation of new knowledge. In all these cases the teacher's role is essential as the facilitator in this earning environment.

The conviction of the need for formation, beginning in the school, in the challenges of over-exploitation and limitation of the Earth's resources and in the social and environmental problems that are generated (2030 agenda and SDG) motivate the new and good practices in the classroom set out below. The collecting of data is carried out using the SDIs, and for the collaboration in the goals of the objectives the service learning technique is applied.

The integration of these three elements, content related to the SDGs, application of pedagogical techniques like cooperative learning and service learning, some of them including technology such as flipped classroom (videos) and the Kahoot portal (surveys and quizzes), and technological instruments

(data taken from the SDIs and viewed on a WebGIS, office automation) will lead to the achievement of the TPACK model.

The details of these good practices are:

- Title of the activity: Sustainable Development Goals through the Infrastructures of Spatial Data: from theory to practice
- Academic year: 2017–2018
- Material: Geography and history for the ESO (Obligatory Secondary Education) (ages 14–15)
- Students participating: n = 33. Percentage of boys and girls: 39% boys and 61% girls.

5.1. Objectives and Classroom Methodology

5.1.1. Objectives

1. Know how to explain concepts related to the Spatial Data Infrastructures and the Sustainable Development Goals (SDIs, SDGs, geodata, types of poverty, types of migrations, etc.).
2. Know how to use a WebGIS with the ArcGIS Online tool to integrate the geodata obtained from the SDI services.
3. Know how to prepare a report commenting on the situation represented on the map and formulate questions related to geography and the sciences whose object is the territory.
4. Know how to communicate those solutions for the problems of the world and of their city and carry out those actions that are closest.
5. Know how to work in a team, with emphasis on distribution of roles within the group (spokesperson, secretary, coordinator, and time controller) and in making decisions.
6. Know how to debate and respect the speaking time of the spokesperson of each group.
7. Respect the work of others and one's own, as well as the effort, the social responsibility and the interest in themes related to the SDGs.
8. Respect the decisions of the group or class when it comes to carrying out a social action.

5.1.2. Classroom Methodology

The following pedagogical strategies will be used to introduce and raise the awareness of SDGs numbers 1 and 2 (end poverty and zero hunger):

1. Flipped classroom technique, through the viewing of the following video: https://youtu.be/nIdXZIJvXRM, included in the EdPuzzle tool, which permits the introduction of open, true-false and multiple choice questions.
2. Individual reading of and reflection on the two SDGs to be studied in the didactic unit corresponding to "World, European, and Spanish population".
3. Cooperative learning in groups of four students, to be done in the IT classroom: creation of a map with the ArcGIS Online tool, using the SDI services provided by the web or free virtual dependable data repositories. The World Bank is recommended, but the students can select other SDI services, justifying the reliability of the geodata. After reviewing and correcting the maps, the students analyze and discuss the following map applying the outline below:

    - Introduction: brief comment on the data represented
    - Analysis of the data
    - Conclusions regarding the resolution of any problems or situations

Finally, each group prepares a reflection and smart questions for the debate on the subject of poverty and hunger. The spokesperson of each group is the one responsible for presenting the reflection and proposing the questions and possible solutions on a local and a global scale. In this case, the

actions proposed that can be carried out in their city were to go to a social dining place and collect food in the "Kilo" operation. In this process they can investigate both the origin of the goods handled as well as their distribution and commercialization in the world as global elements that do not avoid the hunger and poverty that they observe locally.

The combination of individual and collaborative activities will be presented in a portfolio in which the following objects will be included:

1. A cooperative map with the variables related to SDGs 1 and 2, which include geodata from the SDI services (Figure 1).

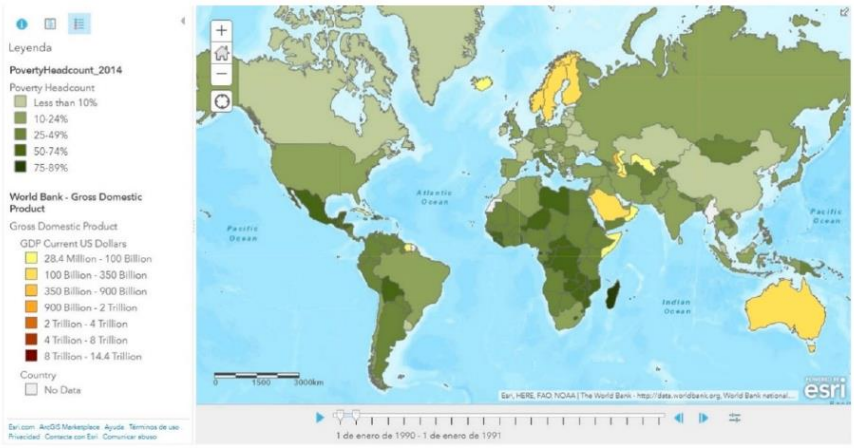


Figure 1. Mapping of a variable related to Sustainable Development Goals (SDGs) 1 and 2. Source: A group of students from 3rd ESO (Obligatory Secondary Education) (K-9).

2. A report with the proposal of solutions to obtain the SDGs (1, 2). Analysis and commentary on the situations represented on the map, as well as reflection on the causes and consequences of poverty and hunger.
3. Proposal of solutions on a local and a global scale. Questions for the debate.

5.2. Results of the Learning Experience and Competencies to Be Acquired Through the Proposal

The basic competencies specified by Spanish educational legislation have been applied to the results of the learning experience (Table 1). In order to do this, the educational center itself has designed a program to facilitate the calculation of the measurement of the grading of the learning standards.

It was necessary to devise headings or indicators to measure achievements in each of the competences proposed by UNESCO [46], using the adaptation done by Professor Murga-Menoyo [5], which summarizes them in four competencies: critical analysis, systemic reflection, making collaborative decisions, and sense of responsibility toward the present and future generations (Table 2).

Table 1. Learning standards and key competencies, according to Spanish educational law.

	Learning Standards (LOMCE) [1]	Key Competencies [2]
B1.1.1	Locate on a world map the continents and areas most densely populated.	CSC, CAA, CD, CMCT
B1.1.2	Find on a world map the twenty most highly populated cities, deduce what countries they belong to and explain their economic situation.	CAA, CD
B1.1.3	Explain the impact of the waves of migration on the countries of origin and on the host countries.	CL, CAA
B2.6.1	Locate on a map, using appropriate symbols and legend, the most industrialized countries in the world.	CAA, CD
B3.3.1	Write a report on the measures that try to overcome the situations of poverty.	CL, CAA, CSIEE CCEC

[1] Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa, is the current Spanish Education Law. [2] CL: Linguistic competence, CSC: Socio-civic competence, CAA: Learning to learn competence, CD: Digital Competence, CCEC: Competence in awareness and cultural expression, CSIEE: Competence in sense of initiative and enterprising spirit, CMCT: Competence in mathematics and in science and technology.

Table 2. Indicators of achievement of the competencies following UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) [1].

UNESCO Competencies	Indicators of Achievement
Critical analysis	Ask oneself about geographic aspects (geographic questions) Identify problems of any type related to the territory Propose alternatives for improvement Do a constructive critique on the aspect observed
Systemic reflection	Understand reality at a global and a local level Interrelations among values, attitudes, knowledge, etc. Understand and reflect on the causes of phenomena, facts, and problems
Making collaborative decisions	Put into practice leadership skills and distribution of roles Participation of all the members of the working team Communicative skills to persuade or convince in arguments
Sense of responsibility toward the present and future generations	Understand the effects or consequences that an action can have in the short term and the long term Understand the consequences of inappropriate behavior that affect the present and future of the Earth Take care of intra- and intergenerational relations Contribute to the change to sustainability by adopting alternative solutions and proposing possible ones at different levels, a closer one, what can I do? Finally, a more global one, what should be done?

[1] Adapted by Javier Álvarez Otero from the UNESCO Competencies following Murga-Menoyo (2015).

5.3. Results of the Evaluation

In order to obtain the final evaluation, an evaluation at the beginning of the process is necessary (initial evaluation) in order to detect the students' previous knowledge and also a formative evaluation conducted throughout the entire process. In the initial evaluation a survey is conducted via the web application Kahoot, with seven questions (Table 3).

The majority of the students are familiar with the acronym of the Sustainable Development Goals (SDG) (81.82%), which can be attributed to the information provided in the media. They do not know the institution (UNESCO) that performed the tasks of defense, support and coordination of the worldwide action programs; many of them select the European Union as the mediator in these matters, an aspect that we could emphasize as owing to the Eurocentric view that our students have. The new date and the number of goals that have been proposed for the period 2015–2030 are not well known. We underline the fact that more than half of the respondents (51.52%) know the philosophy of the SDGs: "transform the world from any part of the world". It should be stated that the phrase "any part of the world" corresponds to any geographical location and, therefore, two questions are proposed that are to be addressed during the preparation of the portfolio: "What can we do on a local scale

(my city, my neighborhood)?" and "What can we do on a global scale (the world)?" The majority of the students (72.73%) choose the correct option in the question on what objectives are included in the 2030 Agenda (end of poverty, quality education, and gender equality), which is related to the priority that they themselves accord to the problems they feel are closer. Finally, half of the students (51.52%) see themselves as protagonists of the changes that can be made to attain sustainability, both in their own cities and in the world, while other students have their doubts (45.45%) and there are even some do not feel capable of collaborating in these changes (3.03%).

Table 3. Summary of the results of the initial questionnaire done in the classroom [1].

Questions Asked	Correct (%)	Not Correct (%)	Don't Know/Don't Answer (%)
What are the SDGs?	81.82	18.18	0
What is the institution concerned with the SDGs?	21.22	78.78	0
What is the philosophy of the SDGs?	51.52	48.48	0
Do you know what the new date is for attaining the SDGs?	12.12	87.88	0
How many SDGs are there for this new period 2015–2030?	12.12	87.88	0
Which of the following goals are included for the 2030 Agenda?	72.73	27.27	0
Do you, as a student, believe you could transform the world?	51.52	3.03	45.45

[1] Designed by Javier Álvarez Otero.

For the formative evaluation, the heading (Table 4) that completes the information from Table 1 is distributed, to be taken into account in the co-evaluation prepared among the students and the hetero-evaluation to be done by the professor. The measurement of attainment of the UNESCO competencies appears in the professor's observation notebook, which will follow Table 2.

Table 4. Heading for the evaluation of the portfolio [1].

Items	Degree of Achievement			
	4	3	2	1
Organization	Classifies, orders and files all the tasks	Classifies, orders and files most of the tasks	Classifies, orders and files some of the tasks	Does not classify, order or file any of the tasks
Presentation, order, and cleanliness	Presented very suitably, clean, and orderly	Presented suitably but with some defects in cleanliness and order	Presented, but with many errors in cleanliness and order	Presented with neither cleanliness nor order
Evidence of the learning experience	Contains all the evidence and objects	Contains some of the evidence and objects	Contains little evidence and some objects are missing	Contains neither evidence nor the objects.
Precision of the contents	Contents perfectly developed, with precision and good wording and spelling	Contents are developed normally, with correct wording and spelling	Contents little developed, with little precision and with spelling errors	Contents scarcely developed, with little or no precision and many spelling errors.
Final result	Is excellent and shows a great effort to acquire abilities and skills related to the competencies (LOMCE, UNESCO)	Is normal; shows relative effort to acquire abilities and skills related to the competencies (LOMCE, UNESCO)	Is acceptable and sufficient; shows little effort to acquire abilities and skills related to the competencies (LOMCE, UNESCO)	Is very bad or bad; shows no effort to acquire abilities and skills related to the competencies (LOMCE, UNESCO)

[1] Prepared by Javier Álvarez Otero to evaluate the portfolio.

The summative evaluation is the final average of the grades obtained by the student, which will consider:

- The co-evaluation from the valuation proposed among the working groups, based on the heading received and considering those aspects that could be improved for a future project or cooperative activity.

- The hetero-evaluation proposed by the professor, taking the heading into account.
- The individual objective test, consisting of using a WebGIS to integrate the SDI services, showing one of the realities and situations observed in the study of the SDGs.

The results obtained are shown below:

As we can observe in Table 5, all the students have obtained a grade higher than 7 over 10 (7.44), although we see certain differences between women and men, which can be explained by the psycho-evolutive differences of the students, whose basis is beyond the objectives of this article.

Table 5. Average grades for each type of evaluation and final grade.

	Women	Men	Both
Co-evaluation	7.52	7.32	7.42
Hetero-evaluation	8.26	7.39	7.83
Individual objective test	7.09	7.05	7.07
Final grade (average)	7.62	7.25	7.44

6. Good Practices Proposal in the University Lectures

Some professors are comfortable with the relation between the autonomy of the student and the orientation of the professor [47]; others see in TPACK an opportunity for distance teaching [48,49]. We have tried to integrate both views in order to incorporate the principles and values of sustainable development into the teaching project (curricular sustainability). This is a line of work promoted by the Conference of Rectors [50] itself, and which we have begun to incorporate into the university teaching (undergraduate and graduate students) in the Geography Department of the National Distance University (UNED).

To this end, various activities have been designed within the framework of the practical tasks that the students perform in some of the subjects studied at the National Distance University (UNED) (Table 6).

Table 6. Subject matter, degrees and tasks designed.

Name of the Subject	Degree (Department)	Task to Be Performed
Complements for training in the discipline of Geography	Master for professors (Geography and History)	Integrate aspects of sustainability and SDGs into the didactic unit to be designed
Human Geography	Degree in Anthropology (Philosophy)	Description of a cultural landscape to be integrated into a WebGIS with some SDGs
World Tourism Geography	Degree in Tourism (Economic Sciences)	Web map showing the sustainability of touristic destinations
Organization of Territory II	Degree in Environmental Sciences (Environmental sciences)	Web cartography of the environmental problems of the National Parks and an account of the contents of an article with Sustainable Development Goals.

Designed by Javier Álvarez Otero.

In the case of the students of the Master for professors, in the subject Complements for training in the discipline of Geography, the didactic unit to be done is the required work of the subject, and it should include aspects of sustainability related to the SDGs and the area of geography undertaken. The students whose final dissertations were directed in the academic year 2017–2018 have included aspects of sustainability. These students have shown their satisfaction at having been introduced to this line of work, which indicates that it is a correct approach.

The students of Anthropology, in the subject Human Geography, must do a complete description of a cultural landscape of their choice, which they must relate to the SDGs that they consider most relevant and must add a resume to a web map (using the Survey123 tool). The result will be a

collaborative WebGIS map to which will be added other layers of information from the SDIs in order to gain further insight into the relation between the phenomena studied.

The students of the Degree in Tourism, in the optional project for the subject World Tourism Geography, will use Survey123 to evaluate sustainability in the number of visits to great world touristic destinations, the result being a map containing all the information.

In the academic year 2017–2018, in the subject Organization of Territory II, the students for the Degree in Environmental Sciences did a study on the National Parks and the problems of sustainability detected in relation to the SDGs. In the 2018–2019 academic year a map has been created with the information on the parks available in the Infrastructures of Spanish Spatial Data (ISSD), to which the students will add their reflections on the environmental problems of these natural areas as they relate to sustainability and on actions for improvement of the SDGs. Given some of the problems encountered in the location, it was decided to use the Survey123 tool, which facilitates the creation of the layer of information by registering the data of the survey conducted at the site data that the student situates on the said map. Furthermore, the students will do a critique that they will review among themselves (double-blind pairs) on an article relevant to the organization of the territory and the SDGs from among a list provided by the teaching team.

Another area of application was the UNED summer course for professors given in July 2018 was flipped teaching and geolocalization for learning geography in the cloud. It included an obligatory activity in which the students had to present their surroundings to their classmates, making reference to some concrete element of sustainability. For this purpose, a questionnaire is used that permits georeferenced points to be included (Survey123), and makes it possible to show the results on a web map. In general, the students have been satisfied with the activity, which is still in the process of completion.

In the project those surveyed were to relate the WebGIS and the SDGs, reflecting on one of the subjects that are taught or will be taught in the future, with the idea of integrating into it the Objectives of Sustainable Development (SDGs). Also, there is a requirement to design a web map that can serve to improve the knowledge of these objectives, directed at looking for actions for improvement.

These tasks have attempted to cover at least the following goals:

1. An improvement in the work done by the students in relation to cartographic visualization and the contents related to the SDGs.
2. Create a form of working and of communicating the competencies, which encourage responsibility for future generations that the SDGs promote through the WebGSIs.
3. Initiate a working model that can gradually be expanded and extended to other subjects.

In all these cases the aim is for the student to know the existence of the 17 SDGs, (although it may be impossible to address them all in just one academic year), and to reflect on some of them and to begin to understand the importance of sustainability, so that responsibility toward future generations may be fostered by means of a reflexive approximation to the territory through geography. In this process, it will be fundamental to invite the student to ask himself or herself questions from geographic science that could foment the creation of a critical spirit along the lines of what the 2030 agenda should achieve through socio-economic, technological and educational advancement, for example: how to feed the 8.563 million people who will constitute the planet in 2030 in a context of climate change, economic and financial uncertainty, and increasing pressure on natural resources.

The indicators that will serve to evaluate the results will be:

(a) The level of satisfaction of our students, who will answer a question on it, and will progress in themes of cartographic visualization, in which probably, according to the replies of former years, around half of them will not have worked before.
(b) The level of satisfaction of the professors, who will thereby obtain a better integration among teaching teams and tutoring professors.

(c) Knowledge and awareness of the need to attain the goals of the SDGs, which will be observed through the tasks performed.
(d) Transmission of the knowledge acquired to their own students and/or other students.

7. Discussion of the Results

The results ratify the need to improve the territorial knowledge on which are based the goals of the SDGs as well as the importance of using reliable, up-to-date sources such as the services offered by the SDIs.

The professors must face the challenge of the ICT and take advantage of them in benefit of more efficient teaching. Beyond incorporating them into what was being done before, a transformation is proposed that integrates the three aspects indicated: disciplinary, pedagogical, and technological, into the acquisition of disciplinary (CK), pedagogical (PK) and technological (TK) knowledge which integrates pedagogical disciplinary knowledge (PCK), technological disciplinary knowledge (TCK) and technological pedagogical knowledge (TPK). All of them participate in the construction of TPACK, which permits disciplinary objectives to be attained with the proper use of the integrated pedagogy and technology.

Thus, new knowledge is created that will help the students in their development both professional and as citizens. In this study it has been applied to a better knowledge of the SDGs, which it is possible to do by using the geodata of the SDIs viewed on a WebGIS.

Of the suggestions on aspects to be introduced in the formation of professors that permit good practices of this kind in the classroom, one is integrating aspects of geolocalization and SDI related to the SDGs and the contents of the curriculum in a natural way, as has been shown here for secondary and university education.

Although the proposal is still in the early stages, it has been considered perfectly feasible in the University Master in Formation of Professors of Secondary Education of the UNED and other universities; it could even be applied to the permanent formation that the active professors must complete. In this way, it would easily reach the secondary school classrooms and promote the university–secondary school relation, very necessary because of the valuable retro-alimentation it provides. Furthermore, with this proposal we are contributing to two areas of priority action of UNESCO [51]: "Transform the environment of learning and formation" and "Create capacities among the educators and trainers".

8. Conclusions

Our proposal of educating in the Sustainable Development Goals as a means of collaborating in their advancement merges with the TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) model, bringing together the intrinsically interrelated disciplinary, technological and pedagogical content.

We consider that this proposal is innovative in its disciplinary aspect because it is a new way of approaching content and reflections on the Sustainable Development Goals; in its pedagogical aspect because it requires new methodologies, some of them collaborative; in the technological aspect because it uses Spatial Data Infrastructures and a technology available since 2012 (WebGIS of ArcGIS Online). In this study there are examples proposed of the classroom in relation to secondary school students and also to university students, and in addition, the difficult topic of the formation of the professors is treated, a key matter for the transformation of teaching necessary for the citizenry of the 21st century.

TPACK and Spatial Data Infrastructures join for the purpose of favoring territorial knowledge and improving the competencies of the students, future professors, living together in a technological environment and a society ever more demanding of up-to-date data, within the phenomenon known by all as Big Data; in this case for a better knowledge of the Sustainable Development Goals and the initiation of actions in order to reach the proposed goals. The usefulness of cartographic language in a WebGIS to express the Sustainable Development Goal has been demonstrated, based on the needs and motivation of our students.

What has been achieved is that the student knows and is involved in achieving the Objectives of Sustainable Development, using the data of the Spatial Data Infrastructures viewed in a WebGIS, and contributing good classroom practices extendable to other places and centers. An important feature is the use of a variety of pedagogical strategies and techniques, such as the proposals that permit the student to be the protagonist of his or her own teaching–learning process from the beginning, with an experiential focus (flipped classroom), passing through practice (learning based on problems) and proposing solutions to what he or she is familiar with, thus providing a service to his city (learning-service).

Author Contributions: J.Á.O. designed, executed and analyzed the results of the questionnaires for professors and the application to the secondary school classroom as part of his doctoral thesis. M.L.d.L.yT. coordinated the team and conducted the research. Both developed and agreed on the existing literature.

Funding: This research was partially funded by Universidad Nacional de Educación a Distancia, grant number GID2017-10. The Article Processing Charge was funded by MDPI.

Acknowledgments: Project in Educational Innovation (PIE) of the National University of Distance Learning (UNED: "Methodology for the teaching of the Sustainable Development Goals: geographical localization of indicators of sustainability using a WebGIS" by the Teaching Innovation Group GID2017-10 MapsOnline.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. UN. Resolution Adopted by the General Assembly on 25 September 2015. Available online: http://undocs.org/en/A/RES/70/1 (accessed on 12 September 2018).
2. UN 57/254. United Nations Decade of Education for Sustainable Development. Available online: http://www.un-documents.net/a57r254.htm (accessed on 12 September 2018).
3. McKeown, R. Education for Sustainable Development Toolkit. Tennesse University, USA. Available online: http://www.esdtoolkit.org/esd_toolkit_v2.pdf (accessed on 12 September 2018).
4. European Commission. Next Steps for a Sustainable European Future European Action for Sustainability {SWD(2016) 390 Final}. Available online: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52016DC0739&from=ES (accessed on 9 December 2017).
5. Murga-Menoyo, M.Á. Competencias para el desarrollo sostenible: Las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la Agenda global post-2015. *Foro Educ.* **2015**, *13*, 55–83. [CrossRef]
6. Haubrich, H.; Reinfried, S.; Schleicher, Y. International Declaration on Geographic Education for Sustainable Development. International Geographical Union, 2007. Available online: http://www.igu-cge.org/wp-content/uploads/2018/02/Luzern_Gesamtdokument_Band_42_101007.pdf (accessed on 9 December 2017).
7. Menon, R. Data Ecosystems for Sustainable Development. An Assessment of Six Pilot Countries. UNDP, 2017. Available online: http://www.undp.org/content/undp/en/home/librarypage/poverty-reduction/data-ecosystems-for-sustainable-development.html (accessed on 12 September 2018).
8. UN. Transforming our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. Available online: https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/21252030%20Agenda%20for%20Sustainable%20Development%20web.pdf (accessed on 9 December 2017).
9. Capel, H. Geografía en red a comienzos del tercer milenio: Para una ciencia solidaria y en colaboración. In *Scripta Nova*; Universidad de Barcelona: Barcelona, Spain, 2010; Available online: http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-313.htm (accessed on 12 September 2018).
10. Gutiérrez-Puebla, J.; García-Palomares, J.C.; Salas-Olmedo, M.H. Big (Geo) Data en Ciencias Sociales: Retos y Oportunidades. *Rev. Estud. Andal.* **2016**, *33*, 1–23. [CrossRef]
11. Rodríguez, C.A.; González, J.L.B.; Sendra, J.B.; Mouron, A.D.; Prado, R.G.; Vázquez, F.M.; Espinosa, V.M.R.; Sanz, M.L.S.; Ayugas, J.G.R.; Rosa, M.M.; et al. Tecnologías de la información geográfica. Herramientas para la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. In *Objetivos del Desarrollo Sostenible: Una Mirada Crítica Desde la Universidad y la Cooperación al Desarrollo*; Universidad de Alcalá: Alcalá de Henares, Spain, 2017; pp. 147–170, ISBN 978-84-16978-36-6.

12. Scott, G.; Rajabifard, A. Sustainable development and geospatial information: A strategic framework for integrating a global policy agenda into national geospatial capabilities. *Geo-Spat. Inf. Sci.* **2017**, *20*, 59–76. [CrossRef]
13. Buzo, I.; De Miguel, R.; Lázaro, M.L. Learning on the cloud about changes to rural landscape and ArcGIS Online. In Proceedings of the EDULEARN14 Conference, 6th International Conference on Education and New Learning Technologies, Barcelona, Spain, 7–9 July 2014; pp. 248–255.
14. Buzo, I.; De Miguel, R.; y Lázaro, M.L. School on the Cloud: A Spanish perspective. In Proceedings of the INTED2015 9th International Technology, Education and Development Conference, Madrid, Spain, 2–4 March 2015; pp. 793–801.
15. Donert, K.; Desmidt, F.; De Lázaro, M.L.; De Miguel González, R.; Lindner-Fally, M.; Parkinson, A.; Prodan, D.; Woloszynska-Wisniewska, E.; Zwartjes, L. The GI-Learner Approach: Learning Lines for Geospatial Thinking in Secondary Schools. *GI_Forum* **2016**, *2*, 134–146. [CrossRef]
16. De Lázaro, M.L.; De Miguel, R.; Buzo, I. Outdoor Learning and Geography on the Cloud: A Challenge for the European 'School on the Cloud' Network. *Int. J. Technol. Learn.* **2016**, *23*, 4.
17. De Lázaro, M.L.; De Miguel, R. El proyecto School on the Cloud: Lecciones aprendidas (School on the Cloud project: Lessons learned). *Espac. Tiempo Forma Ser. VI Geogr.* **2017**, *10*, 345–362. [CrossRef]
18. Álvarez, J.; De Lázaro, M.L. A Cloud Based Learning Approach to Spanish National Parks. *Eur. J. Geogr.* **2018**, accepted.
19. Kim, M.; Bednarz, R. Development of critical spatial thinking through GIS learning. *J. Geogr. High. Educ.* **2013**, *37*, 350–366. [CrossRef]
20. Düren, M.; Bartoschek, T. Assessing the Usability of WebGIS for Schools. In *GI_Forum 2013. Creating the GISociety*; Jekel, T., Car, A., Strobl, J., Griesebner, G., Eds.; Herbert Wichmann Verlag: Berlin, Germany, 2013; pp. 388–398.
21. Esteves, H.M.; Rocha, J. Geographical information systems in Portuguese geography education. *Eur. J. Geogr.* **2015**, *6*, 6–15.
22. Apostolopoulou, A.P.; Carvoeiras, L.M.; Klonari, A. Cultural Heritage and Education. Integrating Tour Maps in a Bilateral Project. *Eur. J. Geogr.* **2014**, *5*, 67–77.
23. Lambrinos, N.; Asiklari, F. The Introduction of GIS and GPS through Local History Teaching in Primary School. *Eur. J. Geogr.* **2014**, *5*, 32–47.
24. De Lázaro y Torres, M.L. Learning and Teaching with Geospatial Technologies in Spain. In *Innovative Learning Geography in Europe: New Challenges for the 21st Century*; De Miguel, R., Donert, K., Eds.; Cambridge Scholars Publishing: Newcastle upon Tyne, UK, 2014; pp. 77–86, ISBN (10) 1-4438-5508-1, ISBN (13) 978-1-4438-5508-2.
25. De Lázaro y Torres, M.L.; Izquierdo, S.; y González, M.J. Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria. *Bol. Asoc. Geogr. Esp.* **2016**, *70*, 371–391. [CrossRef]
26. De Miguel, R.; Lázaro, M.L.; Buzo Sánchez, I.; Guallart Moreno, C.; Velilla Gil, J. Atlas Digital Escolar: Aprender Geografía con ArcGIS Online. In *La Investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía*; Sebastiá Alcaraz, R., Monllor, T., María, E., Eds.; Universidad de Alicante: San Vicente del Raspeig, Spain, 2016; pp. 925–936, ISBN 978-84-16724-07-9.
27. De Lázaro Torres, M.L.; De Miguel González, R.; Morales Yago, F.J. WebGIS and Geospatial Technologies for Landscape Education on Personalized Learning Contexts. *ISPRS Int. J. Geo-Inf.* **2017**, *6*, 350. [CrossRef]
28. Vosoughi, S.; Roy, D.; Aral, S. The spread of true and false news online. *Science* **2018**, *359*, 1146–1151. [CrossRef] [PubMed]
29. Álvarez, J.; De Lázaro, M.L. Spatial Data Infrastructure and Learning Geography. *Eur. J. Geogr.* **2017**, *8*, 19–29.
30. Álvarez, J.; y Lázaro, M.L. Los Datos Abiertos en el Aula de Geografía: Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE). under review, 2018.
31. Zecha, S. ¿Cómo crear una ruta educativa GPS? In *La investigación e Innovación en la Enseñanza de la Geografía*; Sebastiá Alcaraz, R., Tonda Monllor, E.M., Eds.; Universidad de Alicante: Alicante, Spain, 2016; pp. 915–921, ISBN 978-84-16724-07-9.
32. Mishra, P.; Koehler, M.J. Technological pedagogical content knowledge: A framework for integrating technology in teacher knowledge. *Teach. Coll. Rec.* **2006**, *108*, 1017–1054. [CrossRef]
33. Shulman, L.S. Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educ. Res.* **1986**, *15*, 4–14. [CrossRef]
34. García Valcárcel, A.; Basilotta, V.; López García, C. Las TIC en el aprendizaje colaborativo en el aula de Primaria y Secundaria. *Comun. Rev. Cient. Iberoam. Comun. Educ.* **2014**, *42*, 65–74. [CrossRef]

35. Álvarez Otero, J. Experiencia colaborativa y TIC en el aula de Geografía: Los paisajes turísticos en un mapa de España. In *Nuevas Perspectivas Conceptuales y Metodológicas Para la Educación Geográfica*; Martínez Medina, R., y Tonda Monllor, E.M., Eds.; Universidad de Córdoba—Grupo de Didáctica de la Asociación de Geógrafos Españoles: Córdoba, Spain, 2014; Volumen II, pp. 55–72.
36. Schmidt, D.A.; Baran, E.; Thompson, A.D.; Mishra, P.; Koehler, M.J.; Shin, T.S. Technological pedagogical content knowledge (TPACK) the development and validation of an assessment instrument for preservice teachers. *J. Res. Technol. Educ.* **2009**, *42*, 123–149. [CrossRef]
37. Cózar, R.C.; Zagalaz, J.; Sáez, J.M. Creando contenidos curriculares digitales de Ciencias Sociales para Educación Primaria. Una experiencia TPACK para futuros docentes. *Educ. Siglo XXI* **2015**, *33*, 147–168. [CrossRef]
38. Cabero, J.; y Barroso, J. ICT teacher training: A view of the TPACK model/Formación del profesorado en TIC: Una visión del modelo TPACK. *Cult. Educ.* **2016**, *28*, 633–663. [CrossRef]
39. Drummond, A.; y Sweeney, T. Can an objective measure of technological pedagogical content knowledge (TPACK) supplement existing TPACK measures? *Br. J. Educ. Technol.* **2017**, *48*, 928–939. [CrossRef]
40. Alises, M.E. Estudio Cualitativo Sobre el Potencial Pedagógico de Los Entornos Digitales Móviles Para la Construcción de un Modelo de Enseñanza-Aprendizaje en la Asignatura de Música en ESO. Universidad Nacional de Educación a Distancia (España), Escuela Internacional de Doctorado, Programa de Doctorado en Comunicación y Educación en Entornos Digitales. 2017. Available online: http://e-spacio.uned.es/fez/view/tesisuned:ED-Pg-CyEED-Mealises (accessed on 12 September 2018).
41. Su, X.; Huang, X.; Zhou, C.; Chang, M. A Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Scale for Geography Teachers in Senior High School. *Egit. Bilim* **2017**, *42*. [CrossRef]
42. Gómez, I.M. Adquisición de competencias geoespaciales en la formación inicial del profesorado: El modelo TPACK y la educación al aire libre. In *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet Sobre Geografía y Ciencias Sociales*; [En línea]; Universidad de Barcelona: Barcelona, Spain, 2017; ISSN 1578-0007. Available online: http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-216.pdf (accessed on 12 September 2018).
43. Koehler, M.J.; Mishra, P.; Cain, W. What is technological pedagogical content knowledge (TPACK)? *J. Educ.* **2013**, *193*, 29–37. [CrossRef]
44. UNESCO Education for Sustainable Development Goals. Learning Objectives. Available online: http://unesdoc.unesco.org/images/0024/002474/247444e.pdf (accessed on 8 December 2017).
45. Kolb, D.A. *Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development*; Prentice-Hall: Englewood Cliffs, NJ, USA, 1984; ISBN 10 0132952610, ISBN 13 9780132952613.
46. UNESCO. Roadmap for Implementing the Global Action Programme on Education for Sustainable Development. 2014. Available online: http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230514e.pdf (accessed on 12 September 2018).
47. Koh, J.H.L.; Chai, C.S.; Lee, M.H. Technological pedagogical content knowledge (TPACK) for pedagogical improvement: Editorial for special issue on TPACK. *Asia-Pac. Educ. Res.* **2015**, *24*, 459. [CrossRef]
48. Archambault, L.; Crippen, K. Examining TPACK among K-12 Online Distance Educators in the United States. *Contemp. Issues Technol. Teach. Educ.* **2009**, *9*, 71–88.
49. Lee, M.H.; Tsai, C.C. Exploring teachers' perceived self-efficacy and technological pedagogical content knowledge with respect to educational use of the World Wide Web. *Instr. Sci.* **2010**, *38*, 1–21. [CrossRef]
50. CRUE. Directrices Para la Introducción de la Sostenibilidad en el Currículum. Revisión del Documento Aprobado por la Asamblea General, en 2005. 2012. Available online: http://www.crue.org/Documentos%20compartidos/Declaraciones/Directrices_Sosteniblidad_Crue2012.pdf (accessed on 12 September 2018).
51. UNESCO. Global Action Programme on Education for Sustainable Development. Available online: https://en.unesco.org/gap/priority-action-areas (accessed on 12 September 2018).



© 2018 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Conclusiones parciales del artículo n.º 4

Esta intervención de educar en los Objetivos de Desarrollo Sostenible es una propuesta innovadora porque se ha visto la ausencia de llevar a cabo dichos objetivos en las aulas de secundaria. Por ello, es una nueva forma de acercarse al conocimiento territorial, y aúna los ODS con el empleo de los geodatos proporcionados por los servicios IDE, lo que hace que este conocimiento científico tenga mucho más valor en el proceso de enseñanza-aprendizaje de los estudiantes.

El modelo TPACK resuelve los elementos que se habían contemplado hasta el momento: tecnología (SIG Web e IDE), pedagogía (metodología) y contenido (ODS y temas geográficos). Así se observa una mejora en los resultados de aprendizaje y en las competencias digitales, geoespaciales y en sostenibilidad por parte de los estudiantes.

REFERENCIAS

AGE. (2017). *Naturaleza, Territorio y Ciudad en un Mundo Global. Actas del XXV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles.* Ed. Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad Autónoma. doi: doi.org/10.15366/ntc.2017

Álvarez, M.E. (2011). Sistemas de información territorial en el contexto de las infraestructuras de datos espaciales: contribuciones desde la educación. Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Tesis doctoral.

Álvarez-Otero, J. (2014a). *Metodología colaborativa y TIC en las aulas de Geografía, Historia e Historia del Arte.* Trabajo Fin de Máster. Universidad Complutense de Madrid, Madrid.

Álvarez-Otero, J. (2014b). Experiencia colaborativa y TIC en el aula de Geografía: los paisajes turísticos en un mapa de España. En Martínez Medina, R. y Tonda-Monllor, E.M. (Coords.) *Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica*, vol. 2 (pp. 55-72). Córdoba: Universidad de Córdoba.

Álvarez-Otero, J., & Lázaro, M.L. de (2017). Spatial Data Infrastructure and Learning Geography. *European Journal of Geography, 8*(3), 19–29. (https://bit.ly/2V2qaTP). ISSN 1792-1341

Álvarez-Otero, J., Lázaro y Lázaro Torres, M.L. y González González, M.J. (2018a). A Cloud-Based GIScience Learning Approach to Spanish National Parks. *European Journal of Geography, 9*(2), 6-20. ISSN: 1792-1341

Álvarez-Otero, J.; de Lázaro y Torres, M. (2018b). Education in Sustainable Development Goals Using the Spatial Data Infrastructures and the TPACK Model. *Education Science, 8*(4), 171; https://doi.org/10.3390/educsci8040171.

Álvarez-Otero, J. y Lázaro Torres, M.L. de (2019). "Las infraestructuras de datos espaciales, un reto y una oportunidad en la docencia de la Geografía". *Boletín de la*

Asociación de Geógrafos Españoles, 82(2787), 1–32. http://dx.doi.org/10.21138/bage.2787

Anand, S., Badard, T., Behr, F. J., Coetzee, S., Delzari, L., & Köbben, B. J. (Eds.) (2015). *Open geospatial science and applications. Special issue of: ISPRS International Journal of Geo-Information.* ISPRS international journal of geo-information. Disponible en: https://www.mdpi.com/journal/ijgi/special_issues/science-applications#info

Anderson, L.W. & Krathwohl, D.R. (Eds.) (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: A revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives* (Complete edition). New York: Longman.

Arantón Areosa, L. (2012). Web 2.0 y aplicaciones móviles (App). *Enfermería dermatológica*, *6*(17), 44-47.

Araya Palacios, F. (2013). *Formación ciudadana desde la educación geográfica*. Buenos Aires: Editorial Universidad de La Serena.

Ariza López, F. J. (2009). Interoperabilidad posicional: elementos clave para infraestructuras de datos espaciales. *Revista de Análisis Geográficos*, (41). Disponible en: http://coello.ujaen.es/Asignaturas/pcartografica/Recursos/Interoperabilidad_Posicional_def.pdf

Ariza-López F.J., García-Balboa, J.L., Rodríguez-Avi, J., Robledo J., (2018). *Guía general para la evaluación de la exactitud posicional de datos espaciales. Proyecto: Propuesta de adopción de metodologías y procedimientos empleados para la evaluación de la calidad de la información geográfica para los Estados Miembros del IPGH* (Proyectos Panamericanos de Asistencia Técnica –2018 "Agenda del IPGH 2010-2020"). Montevideo. Disponible en: http://publicaciones.ipgh.org/publicaciones-ocasionales/Guia_Evaluacion_Exactitud_Posicional_Datos_Espaciales.pdf

Arquero Avilés, R., y Marco Cuenca, G. (2014). El Portal de datos abiertos de la Unión Europea: análisis y evaluación / European Union Open Data Portal: analysis and evaluation. *Revista General de Información y Documentación, 24*(1), 99-118.

Attard, J. (2017). *Strategies and Approaches for Exploiting the Value of Open Data* (Doctoral dissertation, Universitäts-und Landesbibliothek Bonn). Disponible en: https://d-nb.info/1135663459/34

Baker, T. R., Battersby, S., Bednarz, S. W., Bodzin, A. M., Kolvoord, B., Moore, S., and Uttal, D. (2015). A research agenda for geospatial technologies and learning. *Journal of Geography, 114*(3), 118-130.

Baker, T.R., Kerski, J.J., Huynh, N.T., Viehrig, K. and Bednarz, S.W. (2012). Call for an agenda and center for GIS education research. *Review of International Geographical Education Online, 2*(3), 254-288.

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

Baker, T. R. (2015). WebGIS in education. In Muñiz, O., Demirci, A. and Shee, J. van der (Eds.) *Geospatial technologies and geography education in a changing world: Geospatial practices and lessons learned*, pp. 105–15. Japan: Springer.

Bañares, J. A., Bernabé, M. A., Gould, M., Muro-Medrano, P. R., & Nogueras, F. J. (2001). Infraestructura Nacional de Información Geográfica y su utilidad para las Administraciones Públicas. *Bole. TIC, 19*, 51-60.

Bartha, G. y Kocsis, S. (2011). Standardization of Geographic Data: The European INSPIRE Directive, *European Journal of Geography, 2*(2), 79-89.

Bearman, N., Jones, N., André, I., Cachinho, H. A., & DeMers, M. (2016). The future role of GIS education in creating critical spatial thinkers. *Journal of Geography in Higher education, 40*(3), 394-408. https://doi.org/10.1080/03098265.2016.1144729

Bautista-Cerro Ruiz, M.J., Murga-Menoyo, M. Á., & Novo, M. (2019). La Educación Ambiental en el S. XXI. (página en construcción, disculpen las molestias). *Revista de Educación Ambiental y Sostenibilidad, 1*(1), 1103-1103.

Bednarz, S.W. (2000). *Problem based learning and GIS: PBL-GIS Paper presented at Educational Applications of GIS*. San Bernardino, CA.

Bednarz, S.W. (2004). Geographic information systems: A tool to support geography and environmental education?, *GeoJournal 60*(2), 191–9.

Bednarz, S.W. & Van der Schee, J. (2006). Europe and the United States: The implementation of geographic information systems in secondary education in two contexts. *Technology, Pedagogy and Education, 15*(2), 191-205.

Bednarz, S.W. and Bednarz, R. (2015). Brave new world: Citizenship in a geospatially enriched environment. *GI_Forum 1*: 230–40. doi: 10.1553/giscience2015s230. http://austriaca.at/0xc1aa5576_0x00324a21.pdf

Béjar, R., Muro-Medrano, P.R., Zarazaga, J., Nogueras-Iso, J., Latre, M. A., López, F. J., ... & Pérez, M. J. (2010). Las Infraestructuras de Datos Espaciales y su aplicación en proyectos de investigación en la Universidad de Zaragoza. EN *GT-IDEE: Las IDE y sus aplicaciones en proyectos de investigación científico-tecnológicos*.

Belgiu, M., Strobl, J., & Wallentin, G. (2015). Open geospatial education. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *4*(2), 697-710. https://doi.org/10.3390/ijgi4020697

Benejam, P. y Pagés, J. (Coords.) (1998). *Enseñar y aprender Ciencias Sociales, Geografía e Historia en la Educación Secundaria.* Barcelona: Editorial Horsori (2ª edición).

Bernabé-Poveda, M. A., y González, M. E. (2014). Sobre la necesaria usabilidad de los geoportales como puertas de entrada a las IDE. *GeoFocus. Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica*, (14), 1-5.

Bernabé-Poveda, M.A., y López-Vázquez, C.M. (2012). *Fundamentos de las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Madrid: UPM-Press, Serie Científica. http://www.ign.es/web/ign/portal/publicaciones-boletines-y-libros-digitales#DA-libro-IDE-min

Bloom, B.S. (Ed.) (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals. Handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.

Bodzin, A. (2011). The implementation of a geospatial information technology (GIT)-supported land use change curriculum with urban middle school learners to promote spatial thinking. *Journal of Research in Science Teaching, 48*(3), 281–300. doi: 10.1002/tea.20409.

Boix, G. y Olivella, R. (2007). Los Sistemas de Información Geográfica (SIG) aplicados a la educación. El proyecto PESIG (Portal Educativo en SIG). En *Las Competencias geográficas para la educación ciudadana* (pp. 23-32).

Breuer, A.; Janetschek, H.; Malerba, D. (2019). Translating Sustainable Development Goal (SDG) Interdependencies into Policy Advice. *Sustainability 11*(7), 2092. https://doi.org/10.3390/su11072092

Bryant, L., and T. Favier. (2015). Professional development focusing on inquiry-based learning using GIS. In Muñiz, O., Demirci, A. and Shee, J. van der (Eds.) *Geospatial technologies and geography education in a changing world*: *geospatial practices and lessons learned*, 127–37. Japan: Springer.

Buzo Sánchez, I. (2012). Posición de los contenidos geográficos en la reforma educativa. *La educación geográfica digital. Zaragoza: AGE*, 37-48.

Buzo Sánchez, I. (2014). Incorporación de un WebSIG a la enseñanza de la Geografía en 3º de ESO. En Ramón, A. (Ed.) *Tecnologías de la Información para nuevas formas de ver el territorio*. (pp. 711-720) Alicante: Universidad de Alicante, Asociación de Geógrafos Españoles. Recuperado de: http://congresotig.ua.es/index.php/tig/tig2014/paper/view/38/139

Buzo Sánchez, I. (2015a). Aplicación de la metodología del aprendizaje geográfico por descubrimiento basado en SIG en proyectos didácticos para 2º de Bachillerato. En Sebastiá R. y Tonda E. M. *La investigación e innovación en la enseñanza de la Geografía.* (pp. 477-489). Alicante: Universidad de Alicante. Disponible en: http://www.age-geografia.es/didacticageografia/docs/Publicaciones/2015_Congreso_Iberico.pdf

Buzo Sánchez I. (2015b). La geoinformación como base para proyectos de innovación docente en Educación Secundaria Obligatoria y Bachillerato. En AA.VV. *Actas del XXIV Congreso de la Asociación de Geógrafos Españoles. Zaragoza:* Universidad de Zaragoza. Recuperado de: http://congresoage.unizar.es/eBook/trabajos/137_Buzo%20Sanchez.pdf.

Buzo Sánchez, I. (2015c). Estrategias didácticas innovadoras para la enseñanza de la Geografía con una metodología activa. En Martínez Medina, R. y Tonda-Monllor, E.M. (Coords.) *Nuevas perspectivas conceptuales y metodológicas para la educación geográfica*, Vol. 2 (pp. 11-34). Córdoba: Universidad de Córdoba. Disponible en: http://www.age-geografia.es/didacticageografia/docs/Publicaciones/2014_Nuevas_perspectivas_conceptuales2.pdf

Buzo Sánchez, I. (2017). De las TIG a las TAG: integrando la información en el aprendizaje geográfico. En Sebastiá Alcaraz, R. y Tonda-Monllor, E.M. (Coords.) *Enseñanza y aprendizaje de la geografía para el siglo XXI.* (pp. 175-200). Alicante: Universidad de Alicante.

Buzo Sánchez, I. (2019). El ecosistema de aplicaciones de ArcGIS Online utilizados en la enseñanza de la geografía. En Macía Arce, X.C., Armas Quintá, F.X. y Rodríguez Lestegas, F. *Nuevos desafíos en la educación geográfica*. (pp. 687-697). Universidad de Santiago de Compostela y Grupo de Didáctica de la Asociación de Geógrafos Españoles. http://www.isaacbuzo.com/wp-content/uploads/2019/10/EcosistemaAGOL.pdf

Caena, F. & Redecker, C. (2019). Aligning teacher competence frameworks to 21st century challenges: The case for the European Digital Competence Framework for

Educators (DIGCOMPEDU), European Journal of Education, 54 (3), p. 356-369. https://doi.org/10.1111/ejed.12345

Cantú-Martínez, P. C. (2013). Las instituciones de educación superior y la responsabilidad social en el marco de la sustentabilidad. *Revista Electrónica Educare, 17*(3), 41-55.

Capdevila i Subirana, J. (2004). Infraestructura de datos espaciales (IDE). Definición y desarrollo actual en España. *Geo Crítica / Scripta Nova. Revista electrónica de geografía y ciencias sociales.* Barcelona: Universidad de Barcelona, 1 de agosto de 2004, vol. VIII, núm. 170-61. <http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-170-61.htm>

Carlson, T. (2007), A field-based learning experience for introductory level GIS students. *Journal of Geography*, *106*(5), 193-198.

Carretero, S., Vuorikari, R. & Punie, Y. (2017) DigComp 2.1. The Digital Competence Framework for Citizens with eight proficiency levels and examples of use. Unión Europea. Disponible en: https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC106281/web-digcomp2.1pdf_(online).pdf

Casado, M.L. (2006). Some basic mathematical constraints for the geometric conflation problem. In *Proceedings of the 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences* (pp. 264-274).

Castañeda, L., Esteve, F., & Adell, J. (2018). ¿Por qué es necesario repensar la competencia docente para el mundo digital?. *Revista de Educación a Distancia,* 56. Artíc. 6, http://dx.doi.org/10.6018/red/56/6

Centeno, C., Vuorikari, R., Punie, Y., O´Keeffe, W., Kluzer, S., Vitorica, A., Lejarzegi, R.,Martínez de Soria, I., & Bartolomé, J. (2019). *Developing digital competence for employability: Engaging and supporting stakeholders with the use of DigComp*. Disponible en

https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/bitstream/JRC118711/jrc118711_digcomp4empl_stakeholders_consultation_ws_report_v1.0_in_pubsy_final_v0.pdf

Chabaniuk V. & Rudenko L. (2019). Relational Geospatial Technologies: Background Theory, Practical Example and Needs in Education. In De Miguel González R., Donert K. & Koutsopoulos K. (Eds.) *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_4

Chen, C., & Wang, Y. (2015). Geospatial education in high schools: Curricula, methodologies and practices. In Muñiz, O., Demirci, A. and Schee, J. van der (Eds.) *Geospatial technologies and geography education in a changing world: geospatial practices and lessons learned*, (pp. 67–76). Japan: Springer.

Clagett, K.E. (2009). *Virtual globes as a platform for developing spatial literacy* (Doctoral dissertation), Universidade Nova de Lisboa. Disponible en: https://run.unl.pt/handle/10362/2317

Coll, C. (2018). La personalización del aprendizaje escolar, una exigencia de la nueva ecología del aprendizaje. *Dossier Graó*, 3, 5-11.

Comisión Europea. (2004). *Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se establece una infraestructura de información espacial en la Comunidad (INSPIRE).* Disponible en: http://inspire.ec.europa.eu/proposal/ES.pdf.

Comisión Europea. (2007). *Competencias clave para el aprendizaje permanente - un marco de referencia europeo.* Luxemburgo: Oficina de Publicaciones Oficiales de las Comunidades Europeas. Disponible en: https://www.educacionyfp.gob.es/dctm/ministerio/educacion/mecu/movilidad-europa/competenciasclave.pdf?documentId=0901e72b80685fb1

Comisión Europea. (2017). *Digital Agenda Scoreboard*. Disponible en: https://bit.ly/2q6zU3s

Crespo-Castellanos, J.M., Gómez-Ruiz, M.L. G., y Cruz-Naïmi, L.A. (2018). Una aproximación a los Parques Nacionales y sus paisajes a través de itinerarios didácticos. *Espacio Tiempo y Forma. Serie VI, Geografía,* (11), pp. 121-140.

Crespo-Castellanos, J.M. (2020). El visualizador Iberpix 4 del Instituto Geográfico Nacional: un recurso didáctico para la interpretación de los componentes físicos del paisaje. *Enseñanza de las Ciencias de la Tierra*, *27*(2), 182. https://www.raco.cat/index.php/ECT/article/view/367134

CRUE-CADEP. (2012). *Directrices para la introducción de la sostenibilidad en el curriculum propuesta por el Comité Ejecutivo del Grupo de Trabajo de CADEP (Calidad Ambiental y Desarrollo Sostenible).* Recuperado de http://www.crue.org/Sostenibilidad/CADEP/Documents/DIRECTRICES%20SOSTENIBILIDAD%20CRUE%202012.pdf.

Curtis, M. 2019. Professional technologies in schools: The role of pedagogical knowledge in teaching with geospatial technologies. *Journal of Geography, 118*(3):130–42. doi: 10.1080/00221341.2018.1544267.

De Diego Fadón, A.J. (2012). L*a reutilización de datos públicos en el aprendizaje de las Ciencias Sociales: una puerta abierta en el mundo de la docencia*. Trabajo Fin de Máster inédito.

De Lázaro Torres, M.L.; De Miguel González, R.; Morales Yago, F.J. (2017). WebGIS and Geospatial Technologies for Landscape Education on Personalized Learning Contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(11), 350. https://doi.org/10.3390/ijgi6110350

Delgado-Peña J.J., Subires-Mancera M.P. (2019). Teaching Geospatial Competences by Digital Activities and E-Learning. Experiences in Geography, Journalism, and Outdoor Education. In: de Miguel González R., Donert K., Koutsopoulos K. (Eds.) *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series). Springer, Cham https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_8

De Miguel, R. (2012). Análisis comparativo del currículum de Geografía en Educación Secundaria: revisión y propuestas didácticas. En De Miguel, R., De Lázaro, M.L. y Marrón, M.J. (Coords.) *La educación geográfica digital.* (pp. 13-36). Madrid: Grupo de didáctica de la AGE.

De Miguel, R. (2013). Aprendizaje por descubrimiento, enseñanza activa y geoinformación: Hacia una didáctica de la geografía innovadora. *Didáctica Geográfica* 14:17–36.

De Miguel González, R. (2016). Pensamiento espacial y conocimiento geográfico en los nuevos estilos de aprendizaje. En *Nativos digitales y geografía en el siglo XXI: Educación geográfica y estilos de aprendizaje*. (pp. 11-39). Sevilla: Asociación de Geógrafos Españoles y Universidad Pablo de Olavide de Alicante. Disponible en: http://www.age-geografia.es/didacticageografia/docs/Publicaciones/2016_nativos_digitales_y_geografia.pdf

De Miguel González, R. (2018). El currículo de geografía en España: evolución y tendencias actuales. En García de la Vega, A. (Ed.) *Reflexiones sobre educación geográfica. Revisión disciplinar e innovación didáctica.* Ediciones de la Universidad Autónoma de Madrid y Ediciones Lagim de la Universidad de Brasilia, Madrid, (pp. 191–215).

De Miguel González, R., & De Lázaro Torres, M. L. (2020). WebGIS Implementation and Effectiveness in Secondary Education Using the Digital Atlas for Schools. *Journal of Geography*, *119*(2). 74-85. https://doi.org/10.1080/00221341.2020.1726991

De Miguel, R. y Buzo, I. (2020). Hacia un aprendizaje activo de la Geografía. De la cartografía tradicional a la cartografía digital. *Íber*, *Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia,* 98, 27-33.

De Miguel, R., Buzo, I. & Lázaro, M.L. de. (2016). Nuevos retos para la educación geográfica y la investigación docente: el Atlas Digital Escolar. En *Comité Español de la UGI Crisis, globalización y desequilibrios sociales y territoriales en España, Aportación*

española al XXXIII Congreso de la UGI (Beijing, 2016). Madrid: Comité Español de la UGI. https://doi.org/10.7419/162.01.2016

De Miguel, R., Koutsopoulos, K. & Donert. K. (2019). Key challenges in geography research with geospatial technologies. In Koutsopoulos, K., De Miguel, R. and Donert, K. (Eds.) *Geospatial challenges in the 21st century*, pp. 1–8. Dordrecht: Springer.

De Miguel, R.; De Lázaro, M.L.; Velilla, J.; Buzo, I.; Guallart, C. (2016). Atlas Digital Escolar: Internet, Geografía y Educación. En *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet Sobre Geografía y Ciencias Sociales*. Barcelona: Universidad de Barcelona. Disponible en: http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-212.pdf.

Demirci, A., De Miguel, R. y Bednarz, S.W. (Eds.) (2018). *Geography Education for Global Understanding.* International Perspectives on Geographical Education (EUROGEO Book Series). Switzerland: Springer International Publishing AG. ISBN: 978-3-319-77216-5; doi: 10.1007/978-3-319-77216-5.

DiBiase, D.; Corbin, T.; Fox, T.; Francica, J.; Green, K.; Jackson, J.; Jeffress, G.; Jones, B.; Jones, B.; Mennis, J. (2020). The new geospatial technology competency model: Bringing workforce needs into focus. *Journal of the Urban and Regional Information Systems Association, URISA J*, 22, 55–72.

DigComp (2016). *A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe.* (https://bit.ly/1U8dwv0).

DigComp (2017). *Marco Común de Competencia Digital Docente*. Instituto Nacional de Tecnología Educativa y Formación del Profesorado. Disponible en: https://aprende.intef.es/sites/default/files/2018-05/2017_1020_Marco-Com%C3%BAn-de-Competencia-Digital-Docente.pdf

Domínguez Granda, J. y Rama, C. (2016). *La responsabilidad social universitaria en la educación a distancia*.

Donert, K.; Desmidt, F.; Lázaro, M.; González, R.; Lindner-Fally, M.; Parkinson, A.; Prodan, D.; Woloszynska-Wisniewska, E.; Zwartjes, L. (2016). *The GI-Learner Approach.*

GI_Forum – Journal for Geographic Information Science, vol. 2, pp. 134-146. DOI: https://doi.org/10.1553/giscience2016_02_s134 .

Einav, L. & Levin, J. (2014) The Data Revolution and Economic Analysis, *Innovation Policy and the Economy* 14, 1-24. https://doi.org/10.1086/674019

Escudero, J. M. (2005). El profesor y su formación: competencias y formación docente al servicio de un modelo de escuela en nuestro tiempo. En *Programa y desarrollo temático de Formación y Actualización de la Función Pedagógica* (pp. 84-108). Murcia: Universidad de Murcia.

Espuny, C., Gisbert, M., González, J., & Coiduras, J. (2010). Los seminarios TAC. Un reto de formación para asegurar la dinamización de las TAC en las escuelas. *Edutec. Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, (34), a146-a146.

Esteve, F., Adell, J., & Gisbert, M. (2013). El laberinto de las competencias clave y sus implicaciones en la educación del siglo XXI. En *II Congreso Internacional multidisciplinar de investigación educativa* (CIMIE 2013). Retrieved from: https://www.researchgate.net/profile/Francesc_Esteve/publication/235946755_El_laberinto_de_las_competencias_clave_y_sus_implicaciones_en_la_educacion_del_siglo_XXI/links/02e7e522d8c7d8669e000000.pdf

Fargher, M. (2018). WebGIS for Geography Education: Towards a GeoCapabilities Approach. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 7*(3), 111. https://doi.org/10.3390/ijgi7030111

Favier, T. (2011). *Geographic Information Systems in inquiry-based secondary geography education.* Enschede: Ipskamp.

Favier, T. T. & van der Schee, J. A. (2012). Exploring the characteristics of an optimal design for inquiry based geography education with Geographic Information Systems. *Computers & Education*, *58*, 1, 666–677.

Fitzgerald, B. (Ed.). (2010). *Access to public sector information: law, technology & policy*. Vol. 1 and Vol. 2, Sydney: Sydney University Press,. Available at: http://eprints.qut.edu.au/34085/

Flynn, Kyle C. (2018) "Improving Spatial Thinking Through Experiential-Based Learning Across International Higher Education Settings," *International Journal of Geospatial and Environmental Research, 5*(3), Article 4. Available at: https://dc.uwm.edu/ijger/vol5/iss3/4

Fundación Telefónica (2019). *Sociedad digital en España 2018*. Fundación Telefónica. Recuperado de: https://www.fundaciontelefonica.com/arte cultura/publicaciones-listado/pagina-item-publicaciones/itempubli/655/

Gaete Quezada, R. (2011). La responsabilidad social universitaria como desafío para la gestión estratégica de la Educación Superior: el caso de España. The university social responsibility as a challenge to the strategic management of Higher Education: the case of Spain. *Revista de educación,* 355, 109-133.

García de la Vega A. (2019). Spatial Thinking Ability Acquisition through Geospatial Technologies for Lifelong Learning. In de Miguel González R., Donert K. & Koutsopoulos K. (Eds.) *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_2

García Llamas, J.L., González Galán, M.A., y Ballesteros Velázquez, B. (2001). *Introducción a la investigación en Educación*, vol. 1. Madrid: Universidad Nacional de Educación a Distancia.

García Paredes, C. y Masot, A. N. (2017). Los SIG como recurso didáctico: la Ribera del Marco (Cáceres) y su patrimonio histórico-artístico. En *Naturaleza, territorio y ciudad en un mundo global* (pp. 1953-1962). Asociación de Geógrafos Españoles.

García-Valcárcel, A., & Tejedor, F. J. (2018). Value of Collaborative Work in Teaching and Learning Processes in Schools with a High Level of ICT. *Estudios sobre Educación,* (34), 155-175. https://doi.org/10.15581/004.34.155-175

Gasca-Pliego, E., y Olvera-García, J. C. (2011). Construir ciudadanía desde las universidades, responsabilidad social universitaria y desafíos ante el siglo XXI. *Convergencia*, *18*(56), 37-58.

Gertrudix-Barrio, F., Gálvez de la Cuesta, M.C., Said-Hung, E., y Durán-Medina, J.F. (2016). Alfabetización digital, competencias mediáticas y Open Data. *RELATEC, 15*(2), 113-121. https://doi.org/10.17398/1695-288X.15.2.113

Giezen, M., Balikci, S., & Arundel, R. (2018). Using Remote Sensing to Analyse Net Land-Use Change from Conflicting Sustainability Policies: The Case of Amsterdam. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *7*(9), 381. doi:10.3390/ijgi7090381

GINIE. (2003). *GI in the Wider Europe*. Proyecto Geographic Information Network in Europe (GINIE). Recuperado el 31 de julio de 2020, de http://www.ec-gis.org/ginie/

GI-Learner. Erasmus +. KA2: Cooperation for Innovation and the Exchange of Good Practices. Strategic Partnerships for school education. "Developing a learning line on GIScience in education", 2015-1-BE02-KA201-012306. http://www.gilearner.ugent.be/, cuya continuidad la tiene hoy en el proyecto GI-Pedagogy: "Innovative Pedagogies for Teaching with Geoinformation" (2019-1-UK01-KA203-061576).

Goldstein, D. & Alibrandi, M. (2013). Integrating GIS in the middle school curriculum: Impacts on diverse students' standardized test scores. *Journal of Geography, 112*(2), 68–74. doi: 10.1080/00221341.2012.692703.

Gómez-Jarabo, I., Saban Vera, C., Sánchez Alba, B., Barrigüete Garrido, L. M., y Sáenz-Rico de Santiago, B. (2019). Formación de profesionales para una ciudadanía planetaria. La educación para el desarrollo sostenible en los títulos de grado de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid. *Revista de Educación Ambiental y*

Sostenibilidad *1*(1), 1205. http://dx.doi.org/10.25267/Rev_educ_ambient_sostenibilidad.2019.v1.i1.1205

Gómez Ruíz, M.L. (2010). *El tratamiento de los procedimientos en la geografía del bachillerato: nuevas propuestas de metodología activa a partir de la investigación empírica*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid. Disponible en: http://eprints.ucm.es/11023/

Gómez Ruíz, M.L. De Lázaro, M. L., & González, M. J. G. (2013). Impulsar las competencias espaciales y digitales a través de un viaje virtual por Getafe. In *Innovación en la enseñanza de la geografía ante los desafíos sociales y territoriales* (pp. 279-296). Institución Fernando el Católico.

Gómez Trigueros, I. M. (2017). Adquisición de competencias geoespaciales en la formación inicial del profesorado: el modelo TPACK y la educación al aire libre. *Ar@cne. Revista Electrónica de Recursos de Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales.* Barcelona: Universidad de Barcelona, nº 216 http://www.ub.edu/geocrit/aracne/aracne-216.pdf

Gómez Trigueros, I.M. (2018). New learning of geography with technology: the TPACK model. *European Journal of Geography, 9*(1), 38-48.

González, M.E.; Bernabe Poveda, M.A.; Arcens, F.; Sánchez Hernández, J.; Capdevila Subirana, J. y Soteres Domínguez, C. (2010). La Infraestructura de Datos Espaciales como recurso educativo para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria. Una propuesta innovadora de formación e-learning. En *IX Encuentro Internacional Virtual Educa Zaragoza 2008*, 14/07/2008-18/07/2008, Zaragoza (España).

González, M.E. (2012). *Las Infraestructuras de Datos Espaciales (IDE) como un recurso educativo TIC. Estrategias de formación y difusión para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria*. Madrid: Universidad Politécnica de Madrid. Tesis doctoral. Recuperado de: http://oa.upm.es/11015/

González, M.E. (2015). *Informe final del proyecto Usabilidad de Geoportales IDE.* Recuperado de: http://comisiones.ipgh.org/CARTOGRAFIA/PAT2015.html

González, M.J., y Lázaro, M.L. de. (2011). La geoinformación y su importancia para las tecnologías de la información geográfica. *Ar@cne. Revista electrónica de recursos en Internet sobre Geografía y Ciencias Sociales, 148.* Barcelona: Universidad de Barcelona. Recuperado de: http://www.ub.es/geocrit/aracne/aracne-148.htm.

González, María Ester; Bernabe Poveda, Miguel Ángel; Sánchez Hernández, Jorge; Arcens, Fréderic; Uberhuaga, Claudia; Ramírez, Trinidad; Capdevila Subirana, J.; Soteres Domínguez, Carolina y Sauco, Águeda (2008). Formación E-learning para el profesorado de la Educación Secundaria Obligatoria de España para utilizar las Infraestructura de Datos Espaciales como un recurso educativo TIC. En *Conferencia IADIS Ibero Americana WWW/Internet 2008*, 10/12/2008-12/12/2008, Lisboa (Portugal). ISBN 978-97-2892-472-0.

Goodchild, M. F. (2010). Twenty years of progress: GIScience in 2010. *Journal of spatial information science, 1*(1), 3-20.

Graham, C. R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L., St Clair, L., & Harris, R. (2009). TPACK development in science teaching: measuring the TPACK confidence of in service science teachers. *TechTrends: Linking Research & Practice to Improve Learning, 53*(5), 70-79.

Granell Canut, C., Gould Carlson, M., Manso Callejo, M.A., Bernabé Poveda, M.A. (2009). "Spatial Data Infrastructures" En Karimi, H. & Cassia Veiga Marriott, Rita de. (Ed). *Handbook of Research on Geoinformatics. Information Science Reference. Encyclopedia of Geoinformatic*. Hershey (PE) USA.

Gross, Hakim & Weinblatt, (1983). Evaluation of alternative arterial roads: A modified Delphi approach. *Environments, 1*(15), 27–38.

Groot, R. & McLaughlin, J. (Eds.). (2000). *Geospatial Data Infrastructure: Concepts, Cases, and Good Practice*. New York: Oxford University Press.

Guallart, C. y Lázaro, M.L. (2020). Los SIG en la nube, una geotecnología al alcance de la docencia. En Ruiz-Rey, F.J.; Quero-Torres, N.; Cebrián-de-la-Serna, M. & Hernández-Hernández, P. (2020). *Tecnologías emergentes y estilos de aprendizaje para la enseñanza.* (pp. 89 - 98). Colección Gtea: Universidad de Málaga.

Gutiérrez-Puebla, J.; García-Palomares, J.C.; Salas-Olmedo, M.H. (2016): Big (Geo)Data en Ciencias Sociales: Retos y Oportunidades. *Revista de Estudios Andaluces, 33*(1), 1-23. http://dx.doi.org/10.12795/rea.2016.i33.01

Guterres, A. (2019). *Remarks to High-Level Political Forum on Sustainable Development.* / *Comentarios al Foro Político de Alto Nivel sobre Desarrollo Sostenible*. Discurso 24 septiembre de 2019. Disponible en: https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/decade-of-action/

Hmelo-Silver, C. E., Duncan, R. G., & Chinn, C. A. (2007). Scaffolding and achievement in problem-based and inquiry learning: a response to Kirschner, Sweller, and Clark. *Educational psychologist, 42*(2), 99-107. https://doi.org/10.1080/00461520701263368

Hong, J. E., & Stonier, F. (2015). GIS in-service teacher training based on TPACK. *Journal of Geography, 114*(3), 108-117. https://doi.org/10.1080/00221341.2014.947381

Hong, J. E. (2017). Designing GIS learning materials for K–12 teachers. *Technology, Pedagogy and Education, 26*(3), 323-345.

Hou, HT; Yu, TF; Wu, YX; Sung, YT & Chang K.E. (2016). Development and evaluation of a web map mind tool environment with the theory of spatial thinking and project-based learning strategy. *British Journal of Educational Technology, 47*(2), 390–402 https://doi.org/10.1111/bjet.12241

Hualong, Z., (2009) Research and application of PBL mode in GIS course teaching. *Information Technology Applications*, 3698–9

Hwang, S. (2013). Placing GIS in sustainability education. *Journal of Geography in Higher Education, 37*(2), 276-291. http://dx.doi.org/10.1080/03098265.2013.769090

IGN (2017). *Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Recuperado de: https://www.idee.es/resources/documentos/Introduccion_IDEE.pdf

INE. (2019). Equipamiento y uso de Internet en los hogares. https://www.ine.es/prensa/tich_2019.pdf

Iniesto, M. & Núñez, A. (2014) *Introducción a las Infraestructuras de Datos Espaciales*. Edita IGN. Disponible en: http://www.ign.es/web/ign/portal/publicaciones-boletines-y-libros-digitales#DA-libro-IDEE-min

INTEF (2017) *Marco Común de Competencia Digital Docente https://aprende.intef.es/sites/default/files/2018-05/2017_1020_Marco-Com%C3%BAn-de-Competencia-Digital-Docente.pdf*

Jiménez Calderón, L., Yépez Campoverde, J. & Vázquez Hoehne, A. (2014). El usuario como factor de éxito en el diseño de un geoportal. *GeoFocus Revista Internacional de Ciencia y Tecnología de la Información Geográfica, 14,* 181-210. Recuperado de: http://geofocus.rediris.es/2014/Articulo10_2014.pdf

Jo, I., y Bednarz, S. W. (2009). Evaluating geography text-book questions from a spatial perspective: Using concepts of space, tools of representation, and cognitive processes to evaluate spatiality. *Journal of Geography, 108*(1), 4–13. doi: 10.1080/00221340902758401.

Johnson, A. B., Center, G., Lewis, C., & CSU, C. (2013). *Developing and Sustaining Geospatial Programs in Community Colleges*. Disponible en: http://www.geotechcenter.org/uploads/1/0/5/4/105463337/developing_a_geospatial_program.pdf

Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2003). *Assessing students in groups: Promoting group responsibility and individual accountability.* Corwin Press.

Jones, P., Selby, D., & Sterling, S. (2010). More than the sum of their parts? Interdisciplinarity and sustainability. In Paula, J., Selby, D. & Sterling, S. (Eds.)

S*ustainability education: Perspectives and practice across higher education.* (pp. 17–37). London: Earthscan.

Juckes, Martin N (2018). The EU Copernicus Programme and a New Generation of Data Services: a Perspective from the Centre for Environmental Data Analysis. In: *Marine-Earth Informatics 2018,* July 12th, 2018, Tokyo.

Kerski, J. J., Demirci, A., & Milson, A. J. (2013). The global landscape of GIS in secondary education. *Journal of Geography*, *112*(6), 232-247. https://doi.org/10.1080/00221341.2013.801506

Kerski, J. J. (2003). The implementation and effectiveness of geographic information systems technology and methods in secondary education. *Journal of Education, 102*(3), 128–137.

Kerski, J. J. (2007). Geographic Information Systems in education. In Wilson, J. & Fotheringham, A.S. (Eds.) *The Handbook of Geographic Information Science* (pp. 540–556). Malden, MA: Wiley-Blackwell.

Kerski, J. J. (2011). Sleepwalking into the future. The case for spatial analysis throughout education. In Jekel, T., Koller, A., Donert, K & Vogler, R. (Eds.). *Learning with GI 2011*, (pp. 2–11). Berlin: Wichmann.

Kerski, J.J. (2015). *Understanding Data: It is Critical!* (https://bit.ly/2SROt9p).

Kerski, J. J. y Baker, T. R. (2019). Infusing Educational Practice with Web-GIS, In De Miguel González, R; Donert, K. & Koutsopoulos, K. (Eds.). *Geospatial Technologies in Geography Education.* (pp.3-19). EUROGEO Book Series: Key challenges in Geography. Suiza: Springer,

Kim, M. and Bednarz, R. (2013). Development of critical spatial thinking through GIS learning. *Journal of Geography in Higher Education 37*(3):350-366.

Klievink, B.; Neuroni, A.; Fraefel, M. & Zuiderwijk, A. (2017). Digital Strategies in Action: A Comparative Analysis of National Data Infrastructure Development. In *Proceedings of*

the 18th Annual International Conference on Digital Government Research. (pp. 129–138). Staten Island, NY, USA.

Kluzer S. & Pujol Priego L. (2018). DigComp into Action - Get inspired, make it happen. In Carretero, S., Punie, Y., Vuorikari, R., Cabrera, M. & O'Keefe, W. (Eds.). *JRC Science for Policy Report*. Publications Office of the European Union: Luxembourg. ISBN 978-92-79-79901-3, https://doi.org/10.2760/112945

Kollmus, A., & Agyeman, J. (2002). Mind the map: Why do people act environmentally and what are the barriers to pro-environmental behaviour? *Environmental Education Research, 8*(3), 239–260.

Kolvoord, B., Keranen, K. & Rittenhouse, S. (2019). The Geospatial Semester: Concurrent Enrollment in Geospatial Technologies. *Journal of Geography*, 118:3-10. https://doi.org/10.1080/00221341.2018.1483961

Kolvoord, B. (2012). Integrating geospatial technologies and secondary student projects: the geospatial semester. *Didáctica Geográfica* (13), 57-67.

Kotsev, K., Filipov, L. y Donert, K. (2012). D2.1 INSPIRE Directive: impact for teaching. Documento final no disponible en Internet elaborado en el Proyecto digital-earth.eu - a European Comenius Network Connecting Spatial Media and Geoinformation in school digitalearth.eu: geomedia in schools (d-e.eu) (510010-LLP-1-2010-1-AT-COMENIUS-CNW) (2010-2013)

Labouta, H.I., Kenny, N.A.; Li, R., Anikovskiy, M., Reid, L., & Cramb, D.T. (2018) Learning science by doing science: an authentic science process learning model in postsecondary education, *International Journal of Science Education, 40*:12,1476-1492. https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1484966

Lázaro Torres, M.L. y González González, M. J. (2005). La utilidad de los Sistemas de Información Geográfica para la enseñanza de la Geografía. *Didáctica Geográfica*, *7*, 105-122. http://didacticageografica.age-geografia.es/index.php/didacticageografica/article/view/213

Lázaro, M.L. (Coord.) (2010). *Enseñar Geografía a través de análisis de imágenes con Pizarra Digital Interactiva*. Universidad Complutense de Madrid.

Lázaro y Torres, M.L. de y González González, M.J. (2012). "La información disponible a través de las Infraestructuras de Datos Espaciales para la delimitación de los paisajes adehesados". En Martínez Vega, J. y Martín Isabel, M.P. *Tecnologías de la Información Geográfica en el contexto del cambio global*. (pp. 439-449). Madrid, AGE-CSIC.

Lázaro y Torres, M.L. (Coord.) (2012). *Enseñar Geografía a través del análisis de imágenes con la ayuda del campo virtual y la pizarra digital interactiva.* Universidad Complutense de Madrid: Madrid. Disponible en: https://eprints.ucm.es/16849/

Lázaro y Torres, María Luisa de (Coord.) y Alcolea Moratilla, Miguel Ángel y Crespo Castellanos, José Manuel y Cruz Naïmi, Luis Alfonso y Gómez Ruiz, María Luisa y González González, María Jesús y González Iglesias, Emilia y Marrón Gaite, María Jesús y Mecha López, Rosa y Mínguez García, María del Carmen y Palacios Estremera, María Teresa y Ruiz Palomeque, María Eulalia y Sanz Pastor, Rosario (2013). *Aprender Geografía con la Web 2.0.* Informe de Proyecto. CERSA. Compañía Española de Reprografía y Servicios S.A., Madrid. Disponible en http://eprints.ucm.es/21217/

Lázaro y Torres, María Luisa (Coord.) y Alcolea Moratilla, Miguel Ángel y Buzo Sánchez, Isaac y Crespo Castellanos, José Manuel y Cruz Naïmi, Luis Alfonso y De Miguel González, Rafael y Delgado Peña, José Jesús y Gómez Ruiz, María Luisa y González González, María Jesús y Guallart Moreno, Carlos y Palacios Estremera, María Teresa y Sánchez Rivera, Jesús Ángel y Sotelo Pérez, María y Álvarez Otero, Javier y Felipe Pérez, Ricardo y González Aparicio, Coral y Villafañe Fraile, Priscila (2015). *Aprender Geografía con la Web 2.0 a través de la evolución de los paisajes agrarios de España.* Manual. Universidad Complutense de Madrid, Madrid. Disponible en https://eprints.ucm.es/28547/

Lázaro, M.L. de, Álvarez, J. y González, M.J. (2015). Aprender geografía de España empleando SignA. En Sebastiá, R. y Tonda, M.E. *Investigar para innovar en la enseñanza de la Geografía*. (pp. 25-39). ISBN: 978-84-608-3836-4. Editado por la Universidad de

Alicante. http://hdl.handle.net/10045/54074. ISBN: 978-84-16724-07-9 http://dx.doi.org/10.14198/GeoAlicante2015.03

Lázaro, M.L.; Izquierdo, S., & González, M.J. (2016). "Geodatos y paisaje: De la nube al aula universitaria" (Geodata and Landscape: From the Cloud to Lectures). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles,* 70, 371-391. https://doi.org/10.21138/bage.2175. English versión: http://www.agegeografia.es/ojs/index.php/bage/article/viewFile/2245/2132

Lázaro, M.L.; Buzo, I. (2017). Aprender empleando SIGWebs. In *IX Jornadas de Redes de Investigación en Innovación Docente de la UNED. La Profesionalización del Docente a Través de la Innovación Educativa*; UNED: Madrid pp. 333-338. Disponible en: http://congresos.uned.es/w13757/archivos_publicos/qweb_paginas/15280/librodeactasdelasixjornadasderedes.pdf

Lázaro y Torres, M.L. de; De Miguel González, R. y Morales Yago, F.J. (2017). WebGIS and Geospatial Technologies for Landscape Education on Personalized Learning Contexts. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 6*(11), 350.doi:10.3390/ijgi6110350

Lee, J. & Bednarz, R. (2009). Effect of GIS learning on spatial thinking. *Journal of Geography in Higher Education, 33*(2):183–98. doi: 10. 1080/03098260802276714.

Lee, J. & Bednarz, R.. (2012). Components of spatial thinking: Evidence from a spatial thinking ability test. *Journal of Geography, 111*(1):15–26. doi: 10.1080/00221341.2011.583262.

Lee, M. S. & Son, Y. E. (2013). A Study of Learning System for Smart Learning using BYOD. *SoftTech*, 19, 106-111. Disponible en: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.460.6933&rep=rep1&type=pdf

Lewin, K. (1946). Action research and minority problems. *Journal of social issues, 2*(4), 34-46.

Liu, Y., Bui, E.N., Chang, C.H. & Lossman, H. G. (2010). PBL-GIS in secondary geography education: Does it result in higher-order learning outcomes? *Journal of Geography* 109, 150-158.

Lobben, A., & Lawrence, M. (2015). Synthesized model of geospatial thinking. *The Professional Geographer, 67*(3):307–18. doi: 10.1080/00330124.2014.935155.

López Fernández, J. A. (2016). *De las TIG a las TAG en la formación docente*. XVII Congreso Nacional de TIG. Málaga: Universidad de Málaga.

Losada, J., y López-Feal Ramil, R. (2003). *Métodos de investigación en ciencias humanas y sociales*. Madrid: Thomson.

Lozano, R. (2011). De las TIC a las TAC: tecnologías del aprendizaje y del conocimiento. *Anuario ThinkEPI*, *5*(1), 45-47.

Macnaghten, P. & Jacobs, M. (1997). Public identification with sustainable development: Investigating cultural barriers to participation. *Global Environmental Change, 7*(1), 5–24.

Makanga, P. & Smit, J. (2010) A review of the status of Spatial Data Infrastructure Implementation in Africa. *S. Afr.Comput. J.,* 45, 18–25.

Manson, S., Shannon, J., Eria, S., Kne, L., Dyke, K., Nelson, S. & Matson, L. (2014). Resource needs and pedagogical value of web mapping for spatial thinking. *Journal of Geography, 113*(3), 107-117. doi: 10.1080/00221341.2013.790915.

Marrón Gaite, M.J. (2011). Educación geográfica y formación del profesorado. Desafíos y perspectivas en el nuevo Espacio Europeo de Educación Superior (EEES). *Boletín de la asociación de geógrafos españoles*, (57), pp. 313-341. I.S.S.N.: 0212-9426.

Martínez Cebolla, E., Gómez Cabello, F. y López Martín, F. (2017). Aprendiendo Geografía con una IDE didáctica. Los geojuegos de IDE ARAGÓN. *Revista Mapping, 26*(182), 26-36. Disponible en: http://revistamapping.com/wp-content/uploads/2017/09/Revista-MAPPING-182.pdf#page=28

Martínez Martín, M. (2006). Formación para la ciudadanía y educación superior. *Revista Iberoamericana de Educación,* 42, 85-102.

Martínez Martín, M. (2008). *Aprendizaje servicio y responsabilidad social de las universidades*. Barcelona: Octaedro-Universitat de Barcelona - Institut de Ciències de l'Educació.

Martínez Usero, J.A. (2004). *La necesidad de interoperabilidad de la información en los servicios de administración electrónica: xml, una posible solución*. Madrid: Universidad Complutense de Madrid.

McLoughlin, L.C. (2004). Is sustainability a breakfast cereal? Public program based research into community understandings of sustainability. *Australian Journal of Environmental Education, 20*(1), 115–127.

Meadows, D.H., Meadows, D.L., Randers, J., & Behrens, W. W.III (1972). *The limits to growth*. New York: Universe Books.

Melo Hernández, M. E. (2018). La integración de las TIC como vía para optimizar el proceso de enseñanza aprendizaje en la Educación Superior en Colombia (Tesis doctoral, Universitat d'Alacant-Universidad de Alicante).

Millsaps, L. T., & Harrington, J. A. (2017). A time-sensitive framework for including geographic information systems (GIS) in professional development activities for classroom teachers. *Journal of Geography, 116*(4), 152-164. https://doi.org/10.1080/00221341.2017.1294611

Milson, A. J., Demirci, A., & Kerski, J. J. (Eds.). (2012). *International Perspectives on Teaching and Learning with GIS in Secondary Schools*. New York: Springer.

Mishra, P., & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge: A framework for teacher knowledge. *Teachers College Record, 108*(6), 1017-1054. https://doi.org/10.1111/j.1467-9620.2006.00684.x.

Mishra. P. & Koehler, M. J., (2009). What is technological pedagogical content knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education 9*(1), 60–70.

Mishra, P. (2019) Considering Contextual Knowledge: The TPACK Diagram Gets an Upgrade. *Journal of Digital Learning in Teacher Education, 35*(2), 76-78, https://doi.org/10.1080/21532974.2019.1588611

Moè, A. (2016). Does experience with spatial school subjects favour girls' mental rotation performance? *Learning and Individual Differences,* 47*,* 11–16. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2015.12.007

Morales Capilla, M., Trujillo Torres, J., & Raso Sánchez, F. (2015). Percepción del profesorado y alumnado universitario ante las posibilidades que ofrecen las TIC en su integración en el proceso educativo: reflexiones, experiencias e investigación en la Facultad de educación de Granada. *EDMETIC,* *5*(1), 113-142. https://doi.org/10.21071/edmetic.v5i1.4019

Moreno Jiménez, A. (2015). Sociedad de la geoinformación y conducta espacial del ciudadano como nuevos desafíos para la Geografía. *Polígonos. Revista de Geografía*, 27, 25-47. http://dx.doi.org/10.18002/pol.v0i27.3275

Murga-Menoyo, M.A. (2015). Competencias para el desarrollo sostenible: Las capacidades, actitudes y valores meta de la educación en el marco de la agenda global post-2015. *Foro de Educación, 13*(19), 55-83.

Murga-Menoyo, M.A. (2018). La formación de la ciudadanía en el Marco de la Agenda 2030 y la justicia ambiental. *Revista Internacional de Educación para la Justicia Global. 07*(01), 37-52.

Murga-Menoyo, M.A. y Bautista-Cerro, Mª J. (2019). Guía PRADO. Sostenibilizar el currículo de la Enseñanza Secundaria. Madrid: UNED. https://doi.org/10.5944/catedra.eads.501120

Murga-Menoyo, M.A. y Novo Villaverde, M. (2014). Sostenibilizar el currículum: la Carta de la Tierra como marco teórico. *Edetania: estudios y propuestas socio-educativas,* 46, 163-180.

Navalpotro, J. (2020). *Cero grados. La dirección escolar en la era de la inteligencia artificial*. Torraza Piemonte: Amazon Italia Logística.

Neubauer, A.C., Bergner, S., & Schatz, M. (2010). Two- vs. Three-dimensional presentation of mental rotation tasks: Sex differences and effects of training on performance and brain activation. *Intelligence, 38*(5), 529–539. https://doi.org/10.1016/j.intell.2010.06.001

Norman, D. (1983). Design principles for Human-Computer Interfaces. En *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems,* 1-10. Boston, Massachusetts, EE.UU.

NRC (National Research Council) (2010). *Understanding the Changing Planet: Strategic Directions for the Geo-graphical Sciences*. Washington, DC, National Academies Press.

OCDE. (OECD) (2001). *Knowledge and skills for life: First results from the OECD programme for international student assessment (PISA) 2000*. Paris: OECD Publication Service.

Ortigara, A., Kay, M., & Uhlenbrook, S. (2018). A review of the SDG 6 synthesis report 2018 from an education, training, and research perspective. *Water*, *10*(10), 1353. https://doi.org/10.3390/w10101353

Pascual Bellido, N. (2014). Posibilidades didácticas de las infraestructuras de datos espaciales. Propuesta de aplicación didáctica de IDERioja. *Contextos Educativos. Revista de Educación,* (18), 109-128.

Patterson, T. C. (2007). Google Earth as a (not just) geography education tool. *Journal of Geography, 106*(4), 145–152.

Pellicer Martínez, L. (2018). La sostenibilización curricular: una propuesta interdisciplinar para 4º de Educación Secundaria Obligatoria. *Publicaciones Didácticas*, *91*(1), 362-366.

Perassi, Z. (2008). *La evaluación en educación: un campo de controversias.* Argentina: Ediciones del Proyecto y Ediciones LAE.

Pérez-Rendo, M. (2013). *Tecnologías de Información Geográfica como herramienta educativa: Análisis y Perspectiva*. Trabajo Fin de Máster. Universidad Internacional de La Rioja. Disponible en: https://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/1913/TIG%20como%20herramienta%20educativa_Mart%C3%ADn%20P%C3%A9rez.pdf?sequence=3&isAllowed=y

Pérez Serrano, G. y Nieto Martín, S. (2009). La investigación-acción en la educación formal y no formal. *Enseñanza & Teaching: Revista Interuniversitaria de Didáctica*, 10. Recuperado de http://revistas.usal.es/index.php/0212-5374/article/view/4177

Petras, V., Petrasova, A., Harmon, B., Meentemeyer, R., & Mitasova, H. (2015). Integrating free and open source solutions into geospatial science education. *ISPRS International Journal of Geo-Information, 4*(2), 942-956. https://doi.org/10.3390/ijgi4020942

Pokojski, W., Angiel, J., & Pokojska, P. (2018). Importance of digital spatial data in environmental education. *Edukacja Biologiczna i Środowiskowa*, 1, 34-38.

Ramos Simón, L. F., Arquero Avilés, R., Botezan, I., Cobo Serrano, S., Sala Jiménez, A., Sánchez Jiménez, R., & Valle Gastaminza, F. del (2012). De la reutilización de la información del sector público a los portales de datos abiertos en Europa. En *Bid: textos universitarios de biblioteconomía i documentació*.

Raszkowski, A., & Bartniczak, B. (2019). On the Road to Sustainability: Implementation of the 2030 Agenda Sustainable Development Goals (SDG) in Poland. *Sustainability, 11*(2), 366. https://doi.org/10.3390/su11

Rickles, P., Ellul, C. & Haklay, M. (2017). A suggested framework and guidelines for learning GIS in interdisciplinary research. *Geo: Geography and Environment, 4*(2), e00046 https://doi.org/10.1002/geo2.46

Rickles, P. & Ellul, C. (2017). Innovations in and the changing landscape of geography education with Geographic Information Systems. *Journal of Geography in Higher Education, 41*(3), 305-309.

Rienties, B., Brouwer, N., Bohle Carbonell, K., Townsend, D., Rozendal, A. P., van der Loo, J., & Lygo-Baker, S. (2013). Online training of TPACK skills of higher education scholars: a cross-institutional impact study. *European Journal of Teacher Education, 36*(4), 480-495.

Rivas-Rebaque, B.; Gertrudix-Barrio, F. & de Cisneros de Britto, J.C. (2019). La percepción del docente universitario ante el uso y valor de los datos abiertos. *Educación XX1, 22*(2), 141-163, https://doi.org/0.5944/educXX1.21317

Roche, S. (2014). Geographic Information Science I: Why does a smart city need to be spatially enabled? *Progress in Human Geography 38*(5): 703–711

Rodán, A., Contreras, M. J., Elosúa, M.R., y Gimeno, P. (2016). Experimental but not sex differences of a mental rotation training program on adolescents. *Frontiers in psychology*, 7, 1050. doi: 10.3389/fpsyg.2016.01050

Palos Rodríguez, J. y Puig Rovira, J.M. (2006). Rasgos pedagógicos del aprendizaje-servicio. *Cuadernos de pedagogía,* (357), 60-63.

Sachs, J., Schmidt-Traub, G., Kroll, C., Durand-Delacre, D. y Teksoz, K. (2017). *SDG Index and Dashboards Report 2017*. Nueva York, NY: SDSN.

Saenz-Rico De Santiago, B., Benítez Satre, L., Neira, J.M., Sobrino Calleja, M.R., & D'angelo Menéndez, E. (2015). Perfiles profesionales de futuros maestros para el desarrollo sostenible desde un modelo formativo centrado en el diseño de ambientes de aprendizaje. *Foro de Educación, 13*(19), 141-163. doi: http://dx.doi.org/10.14516/fde.2015.013.019.007

Santiago, R., y Bergmann, J. (2018). *Aprender al revés. Flipped Classroom 3.0 y metodologías activas en el aula*. Barcelona: Editorial Paidós Educación.

Sanz de Acedo Lizarraga, M.L. y García Ganuza, J.M. (2003). Improvement of mental rotation in girls and boys. *Sex Roles,* 49, 277–286. doi: 10.1023/A:1024656408294

Shin, E. (2006). Using GIS to improve fourth grades geographic content knowledge and map skills. *The Journal of Geography, 105*(3), 109-120. ttps://doi.org/10.1080/00221340608978672

Shook, E., Bowlick, F. J., Kemp, K. K., Ahlqvist, O., Carbajeles-dale, P., Dibiase, D. & Rush, J. (2019). Cyber Literacy for GIScience: Toward Formalizing Geospatial Computing Education. *The professional geographer*, *71*(2), 221-238. https://doi.org/10.1080/00330124.2018.1518720

Shulman, L.S. (1986). Those who understand: Knowledge growth in teaching. *Educ. Res., 15*(2), 4–14. https://doi.org/10.2307/1175860.

Sinha, G., Smucker, T. A., Lovell, E. J., Velempini, K., Miller, S. A., Weiner, D., & Wangui, E. E. (2017). The pedagogical benefits of participatory GIS for geographic education. *Journal of Geography, 116*(4), 165-179. doi: 10.1080/00221341.2016.1215488.

Slocum, T. A., Mcmaster, R.B., Kessler, F.C., & Howard, H.H. (2009): Web Mapping. In *Thematic Cartography and* Geovisualization. (pp.441-459). New Jersey, Pearson/Prentice Hall.

Songer, L. (2010). Using Web-Based GIS in Introductory Human Geography, *Journal of Geography in Higher Education*, *34*(3), 401-417, https://doi.org/10.1080/03098265.2010.487202.

Spronken-Smith, R. (2005). Implementing a Problem-Based Learning Approach for Teaching Research Methods in Geography. *Journal of Geography in Higher Education*, 29(2), 203-221. https://doi.org/10.1080/0309826050013040

Srivastava, S.K. & Tait, C. (2010). The utilisation of the existing GIS model curricula to innovate a GIS pedagogy for the 21st Century. *Pedagogical research in maximising education*, *4*(2), 25-37.

Sterling, S. (2004). Higher education, sustainability, and the role of systemic learning. In Corcoran P.B. & Wals, A.E.J. (Eds.). *Higher education and the challenge of sustainability: Problematics, promise, and practice.* (pp. 47–70). Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

Stock, K., Leibovici, D., Delazari, L., & Santos, R. (2015). Discovering order in chaos: using a heuristic ontology to derive spatio-temporal sequences for cadastral data. *Spatial Cognition & Computation*, *15*(2), 115–141. https://doi.org/10.1080/13875868.2015.1004177

Stock, K. & Guesgen, H. (2016). Geospatial Reasoning with Open Data. In Layton, R. & Watters, P.A. *Automating Open Source Intelligence*. (pp. 171-204). Chapter 10, Syngress, https://doi.org/10.1016/B978-0-12-802916-9.00010-5.

Stonier, F. (2015). Introducing future educators to GIS data collection. *International Journal of Digital Society (IJDS),* 6, 1021-1026.

Strobl, J. (2015). *Time to Open Up.* Disponible en: http://geospatialworld.net/uploads/magazine/January-2015-Geospatial-World-Magazine/index.html

Su, M. & Foulger, T. (2019). We Aren't There Yet: A Progression of Literature on TPACK Measures to Assess Technology Integration. In Graziano, K. (Ed.). *Proceedings of Society for Information Technology & Teacher Education International Conference*. (pp. 2534-2542). Las Vegas, NV, United States: Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). Disponible en: https://www.learntechlib.org/primary/p/208005/

Sui, D. (2014). Opportunities and impediments for open GIS. *Transactions in GIS,* 18, 1-24. https://doi.org/10.1111/tgis.12075

Tébar Arjona, J., Buzo Sánchez, I., Araujo Ponciano, J. y Lázaro Arbués, M. (2015). *Geografía 3º ESO. Proyecto Savia.* Madrid: Ediciones SM.

Tømte, C., Enochsson, A. B., Buskqvist, U., & Kårstein, A. (2015). Educating online student teachers to master professional digital competence: The TPACK-framework goes online. *Computers & Education,* 84, 26-35. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.01.005

Tourón, J., Santiago, R. y Díez, A. (2014). *The Flipped Classroom: Cómo convertir la escuela en un espacio de aprendizaje*. Digital-Text.

U.S. Geological Survey (USGS). (2005). *Geographic Information Systems in Education*. U.S. Department of the Interior.

UNESCO (2002). *Decenio de las Naciones Unidas de la Educación para el Desarrollo Sostenible.* Recuperado de: http://unesdoc.unesco.org/images/0014/001486/148654so.pdf.

UNESCO. (2014a). World Conference on Education for Sustainable Development, 10-12 de Noviembre, Nagoya. http://unesdoc.unesco.org/images/0021/002173/217373E.pdf

UNESCO (2014b). *Roadmap for implementing the global action programmed on education sustainable development*. http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002305/230514e.pdf

United Nations. Resolution adopted by the General Assembly on Work of the Statistical Commission pertaining to the 2030 Agenda for Sustainable Development (A/RES/71/313), Annex. The official indicator list includes the global indicator framework as contained in A/RES/71/313 and refinements agreed by the Statistical Commission at its 49th session in March 2018 (E/CN.3/2018/2, Annex II) and at its 50th session in March 2019 (E/CN.3/2019/2, Annex II).

United Nations (2014). *A World That Counts. Mobilising the Data Revolution for Sustainable Development*. Disponible en:

http://www.undatarevolution.org/wpcontent/uploads/2014/11/A-World-That-Counts.p

United Nations. (2018). *Sustainable Development Goal 6: Synthesis Report 2018 on Water and Sanitation*. United Nations: New York, NY, USA. Disponible en: http://www.unwater.org/publication_categories/sdg-6-synthesis-report-2018-on-water-and-sanitation/

Vallaeys, F., De la Cruz, C., y Sasia, P.M. (2009). *Responsabilidad social universitaria: manual de primeros pasos.* Inter-American Development Bank.

Vallaeys, F., De la Cruz, C., y Sasia, P.M. (2009). *Responsabilidad social universitaria: manual de primeros pasos*. México: McGraw-Hill Interamericana Editores.

Vallaeys, F. (2006). *Breve marco teórico de responsabilidad social universitaria*. Disponible en: https://www.uv.mx/APPS/CUO/TALLERRSU/Docs.%20RSU%20para%20INEGI/Breve%20marco%20te%C3%B3rico%20de%20Responsabilidad%20Social%20Universitaria.pdf

Vallaeys, F. (2008). *¿Qué es la responsabilidad social universitaria?.* México: Nuevo León.

Van den Homberg, M., & Susha, I. (2018). Characterizing data ecosystems to support official statistics with open mapping data for reporting on sustainable development goals. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, *7*(12), 456. doi:10.3390/ijgi7120456

Velilla, J. y Adiego, P. (2012). Geoinformación y aprendizaje de la Geografía en Educación Secundaria. En De Miguel, De Lázaro y Marrón (Coord.). *La educación geográfica digital.* (pp. 667-673). Madrid: Grupo de didáctica de la AGE.

Vera Millalén, F. (2017). Infusión de habilidades blandas en el currículo de la educación superior: clave para el desarrollo de capital humano avanzado. *Revista Akadèmeia, 15*(1), 53-73.

Walsh, S. (1992). Spatial education and integrated hands-on training: Essential foundations of GIS instruction. *Journal of Geography 44*(2), 54–61.

Yagüe Ballester, J. (2018). Los retos del geoposicionamiento con los avances de Galileo y Sentinel. La observación de la Tierra desde el espacio (Copernicus). En *Curso de verano UNED Flipped Teaching y geolocalización para aprender geografía en la nube*.

Zúñiga-Antón, M., Sebastián-López, M., De Miguel González, R., y Pueyo-Campos, Á. (2017). Creating public opinion and developing spatial citizenship through maps: the case of Zaragoza, Spain. *European Journal of Geography, 8*(5), 62-76.

Zwartjes L., de Lázaro y Torres M.L.; Lindner-Fally, M., Parkinson, A., & Prodan, D. (2017). Curriculum opportunities for spatial thinking. Disponible en: http://www.gilearner.ugent.be/wp-content/uploads/O2-GI-Learner-curriculum-opportunities-V2.pdf

Zwartjes, L., de Lázaro y Torres, M.L.; Desmidt, F., Donert, K., Álvarez Otero, J., Parkinson, A. Lindner-Fally, M. y Prodan, D. (2018). *La necesidad de integrar el pensamiento geoespacial en educación. Manual para mejorar las competencias relacionadas con el pensamiento espacial en el currículum.* Comisión Europea. Disponible en: https://www.gilearner.ugent.be/wp-content/uploads/GI-Learner-O7_ES.pdf

Zwartjes L., y de Lázaro y Torres M.L. (2019). Geospatial Thinking Learning Lines in Secondary Education: The GI Learner Project. En: de Miguel González R., Donert K., Koutsopoulos K. (Eds.) *Geospatial Technologies in Geography Education. Key Challenges in Geography* (EUROGEO Book Series). Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-17783-6_3

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Docentes y futuros docentes encuestados durante la elaboración de la presente tesis 38
Tabla 2. Criterios de calidad en relación a las dimensiones del dato geográfico 58
Tabla 3. Problemas en relación a las dimensiones del dato geográfico 58
Tabla 4. Cuadro resumen de legislación nacional española y las tecnologías (TIC, TAC, TIG) (1970-2013) 73
Tabla 5. Resumen de la muestra utilizada para la intervención inicial 97
Tabla 6. Pre-test de la experiencia inicial (datos globales obtenidos en los cuatro cursos académicos realizada 2016-2017 a 2019-2020) 99
Tabla 7. Resultados de los tres instrumentos de evaluación de la intervención inicial 102
Tabla 8. Resultados de la prueba escrita y la calificación de la primera evaluación del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE) 106
Tabla 9. . Estudiantes que han participado de las intervenciones procesuales 113
Tabla 10. Resultados de los estudiantes del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España 129
Tabla 11. Resultados de la primera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos urbanísticos) 132
Tabla 12. Resultados de la segunda actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos medioambientales) 135
Tabla 13. Resultados de la tercera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos político-territoriales de la UE) 139
Tabla 14. Resultados de los estudiantes del proyecto de sensibilización medioambiental: la salida didáctica al Parque Nacional de las Tablas de Daimiel 142
Tabla 15. Resultados de la prueba escrita y la calificación de la segunda evaluación del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE) 145
Tabla 16. Relación de las competencias básicas clave (LOMCE, 2015, Orden ECD/65/2015) y las marcadas por la UNESCO 150
Tabla 17. Muestra de estudiantes en la experiencia: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país?, ¿y nuestro barrio? 152
Tabla 18. Resumen de los resultados del cuestionario inicial realizado en el aula desde el curso 2017-2018 al 2019-2020 en la herramienta Kahoot 153
Tabla 19. Calificaciones medias de cada tipo de evaluación del proyecto anual 159
Tabla 20. Resultados de la calificación final del grupo de control (GC) y del grupo experimental (GE) 163
Tabla 21. Docentes y futuros docentes encuestados que desconocen qué es una IDE 165
Tabla 22. Tesis doctorales consultadas enfocadas a las TIC 167

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diseño de la investigación 36
Figura 2. Elementos esenciales en las Infraestructuras de Datos Espaciales 53
Figura 3. Nube construida a partir de la Orden EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. 76
Figura 4. Nube construida a partir de la Agenda 2030 "Marco de indicadores mundiales para los Objetivos de Desarrollo Sostenible y metas de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible" 76
Figura 5. Adquisición de competencias geoespaciales mediante: la clase inversa y el *web mapping* 86
Figura 6. Método indagatorio 87
Figura 7. SIG Web colaborativa elaborada por los estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. del curso 2018-2019 empleando la IDEE para explicar la Geografía económica 109
Figura 8. Ejemplo de segmentación de las unidades de paisaje realizada por parte de los estudiantes con errores. (Autora de la fotografía: Dra. Mª Carmen Mínguez García, en Lázaro *et. al.*, 2012). 116
Figura 9. Campos a completar por el estudiante en la Hoja de Cálculo de *Google Drive*. 118
Figura 10. SIG Web de los paisajes de España, en función del uso del suelo predominante en ellos, empleando ArcGIS Online (ESRI) 118
Figura 11. Ejemplo de un SIG Web integrando los servicios de la IDEE elaborado por un grupo base de estudiantes de Geografía de 3º de E.S.O. en el curso 2018-2019 en una aplicación web con ArcGIS Online (ESRI) 120
Figura 12. Mapa colaborativo de los paisajes de Europa 121
Figura 13. Ejemplo de uno de los decálogos de acciones sostenibles para realizar en la ciudad de Ávila 122
Figura 14. Visualización de los metadatos de la calidad del aire 124
Figura 15. Mapa colaborativo de la evolución de la Unión Europea realizado por los estudiantes en ArcGIS Online 126
Figura 16. Política monetaria común, países que componen la Zona Euro 127
Figura 17. Ejemplo de un vídeo para la sensibilización de los ODS en la herramienta EdPuzzle 156
Figura 18. SIG Web de una variable relacionada con los ODS 3 y 4 (Salud y bienestar y Educación de calidad) 158
Figura 19. El modelo TPACK adaptado a los SIG 189
Figura 20. Modelo docente como resultado de la investigación de la presente tesis 190
Figura 21. Generar conocimiento, cambio de actitudes y competencias en sostenibilidad 195

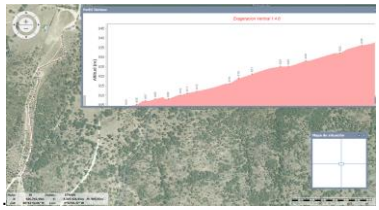
ÍNDICE DE GRÁFICOS

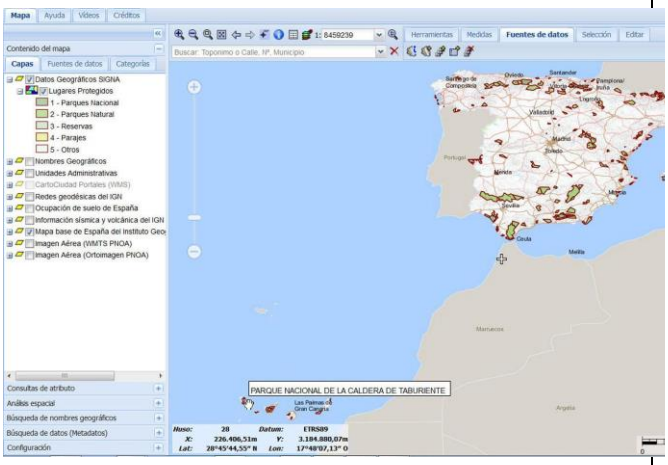
Gráfico 1. Resultados de las respuestas a la segunda pregunta del post-test 101
Gráfico 2. Resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M) 104
Gráfico 3. Comparativa de los resultados de la prueba escrita 107
Gráfico 4. Comparativa de los resultados de la primera evaluación 108
Gráfico 5. Resultados de varones (V) y mujeres (M) en el proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de España 131
Gráfico 6. Resultados entre varones (V) y mujeres (M) de los instrumentos de evaluación de la primera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa (aspectos urbanísticos) 133
Gráfico 7. Resultados entre varones (V) y mujeres (M) en los instrumentos de evaluación de la segunda actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los países de Europa 137
Gráfico 8. Resultados de los instrumentos de evaluación de varones y mujeres en la tercera actividad del proyecto de comprensión geoespacial: los paisajes de Europa 141
Gráfico 9. Resultados de los instrumentos de evaluación entre varones (V) y mujeres (M) 144
Gráfico 10. Comparativa de los resultados de la prueba escrita 146
Gráfico 11. Comparativa de los resultados de la segunda evaluación 147
Gráfico 12. Resultados de varones y mujeres en los tipos de evaluación aplicados al proyecto final 162

ANEXOS

Anexo I. Ejemplo de actividades con el visor SignA empleando la IDEE

Tabla 2. Descripción de actividades posibles con SignA a partir del currículo de ESO: Geografía e Historia, considerando los contenidos del R.D. 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato (BOE 3 de enero de 2015).

Contenidos, criterios de evaluación	Estándares de aprendizaje	Herramienta SignA	Descripción de la actividad y breve comentario sobre la orientación que debe proporcionar el profesor
El medio físico: 1. Analizar e identificar las formas de representación de nuestro planeta: el mapa. y localizar espacios geográficos y lugares en un mapa utilizando datos de coordenadas geográficas 2. Tener una visión global del medio físico español, europeo y mundial y de sus características generales. 3. Describir las peculiaridades de este medio físico. 4. Situar en el mapa de España las principales unidades y elementos del relieve peninsular así como los grandes conjuntos o espacios bioclimáticos. 5. Conocer y describir los grandes conjuntos bioclimáticos que conforman el espacio geográfico español.	1.4. Localiza espacios geográficos y lugares en un mapa utilizando datos de coordenadas geográficas 2.1. Sitúa en un mapa físico las principales unidades del relieve español, europeo y mundial. 3.1. Enumera y describe las peculiaridades del medio físico español. 4.1. Describe las diferentes unidades de relieve con ayuda del mapa físico de España. 5.1. Localiza en un mapa los grandes conjuntos o espacios bioclimáticos de España. 5.2. Analiza y compara las zonas bioclimáticas españolas utilizando gráficos e imágenes.	**Centrar en un punto (*Zoom to Coordinates*)** **Realizar un corte topográfico** **Obtener las regiones bioclimáticas de España a través de la IDE del MAGRAMA (WMS)(ver fig.2)** **Visualizar distintas imágenes del PNOA.**	A partir de unas coordenadas dadas (lugares de interés singular, bancos pesqueros, etc), los estudiantes exploran los alrededores y señalan otros hechos geográficos como cordilleras, ríos, valles, montes, llanuras (se puede realizar en grupo o individualmente). Deben ver que aumentando y profundizando en el mapa, cambiando la escala, hacia una escala de mayor detalle o mayor, se amplía la información, y si la escala es más pequeña esta se reduce. Con esta actividad se puede explicar la geografía física a partir de las coordenadas que muestren paisajes y mapas con distintas litologías, unidades de relieve. Se pueden lanzar preguntas para que descubran de manera autónoma las características peculiares del relieve español, por ejemplo que observen si en el torcal de Antequera hay ríos y razonen la respuesta, o investiguen cómo delimitar una cuenca hidrográfica o hagan un perfil topográfico de una unidad de relieve.  Buscar y visualizar imágenes que estén en áreas bioclimáticas diferentes, que elijan una por área y la comenten, haciendo patentes al menos las diferencias entre la España húmeda y la seca, y entre las zonas de alta montaña y la región macaronésica. 
El espacio humano: 1. Analizar las características de la población española, su distribución, dinámica y evolución, así como los movimientos migratorios. 2. Conocer la organización	2.1. Distingue en un mapa político la distribución territorial de España: comunidades autónomas, capitales, provincias, islas. 3.1. Compara	**Mapas SignA: Unidades Administrativas (mapa político de España)**	Busca tu ciudad en el mapa político de España. ¿A qué escala lo tienes que visualizar para que aparezca la CC.AA. en la que vives completa?

territorial de España. 3. Conocer y analizar los problemas y retos medioambientales que afronta España, su origen y las posibles vías para afrontar estos problemas. 4. Conocer los principales espacios naturales protegidos a nivel peninsular e insular. 5. Identificar los principales paisajes humanizados españoles, identificándolos por comunidades autónomas. 6. Reconocer las características de las ciudades españolas y las formas de ocupación del espacio urbano.	paisajes humanizados españoles según su actividad económica. 4.1. Sitúa los parques naturales españoles en un mapa, y explica la situación actual de algunos de ellos. 5.1. Clasifica los principales paisajes humanizados españoles a través de imágenes	**Visualizar distintas imágenes del PNOA** **Obtener los espacios naturales protegidos de España a través de la IDE del MAGRAMA (WMS)(ver fig.2)** **De esta misma forma es posible visualizar, entre otra mucha información, los ríos principales, las comarcas agrarias y ganaderas, el mapa forestal, los montes públicos y otras muchas variables medioambientales.**	Cada alumno buscará y seleccionará un paisaje humanizado en el que se vea una actividad económica, lo analizará y comentará en casa y en lo expondrá al resto de la clase, con un orden lógico de actividades. El profesor deberá asegurarse antes que las principales actividades van a ser abordadas y realizará una clasificación de las mismas con los estudiantes. 

Anexo II. Normativa legal del primer nivel de concreción curricular

a) Marco curricular: Boletín Oficial del Estado

Orden ECD/65/2015, de 21 de enero, por la que se describen las relaciones entre las competencias, los contenidos y los criterios de evaluación de la educación primaria, la educación secundaria obligatoria y el bachillerato (págs. 6986-7003).

b) Bloques de Contenidos, criterios de evaluación y estándares de aprendizaje: Boletín Oficial de Castilla y León

ORDEN EDU/362/2015, de 4 de mayo, por la que se establece el currículo y se regula la implantación, evaluación y desarrollo de la educación secundaria obligatoria en la Comunidad de Castilla y León. (págs. 32051-32480)

GEOGRAFÍA E HISTORIA

Acercarse al conocimiento del pasado y del espacio habitado por los seres humanos son tareas de todo punto imprescindibles para entender el presente, base, a su vez, de la construcción del futuro. De ahí la importancia que tienen la Geografía y la Historia, disciplinas que contribuyen a facilitar en los alumnos una comprensión organizada del mundo y de la sociedad, pero que, al mismo tiempo, los inician en la explicación de la realidad en que viven. La Geografía y la Historia ofrecen una visión global del mundo, a la vez que impulsan el desarrollo de valores que inducirán a los escolares a adoptar una actitud ética y comprometida en una sociedad plural y solidaria.

En la etapa de Educación Secundaria Obligatoria el estudio de la Historia debe proporcionar al alumnado un conocimiento de la evolución de las sociedades humanas a lo largo del tiempo, necesario para comprender el proceso de cambio y transformación de las mismas, la noción de permanencia y las múltiples interrelaciones de los factores que los determinan. Por otra parte, la Geografía

servirá para localizar e interpretar en el espacio el conjunto de los elementos anteriormente señalados para el campo de la Historia.

La aproximación particular a las manifestaciones artísticas será necesaria para significar el esfuerzo creativo del ser humano a través del tiempo y, consiguientemente, para valorar en su riqueza y variedad el patrimonio cultural.

De todo ello se desprende que estas disciplinas sirven no solamente para el estudio de sus correspondientes contenidos propios, sino para transmitir una serie de valores que permitirá a los alumnos comprender el mundo en que viven. Entre ellos merecen especial atención algunos tan fundamentales como la solidaridad, el respeto a otras culturas, la tolerancia, la libertad o la práctica de ideas democráticas.

Además de los aspectos ya señalados, el estudio de la Geografía y la Historia permite un desarrollo notable de las competencias necesarias para el proceso de aprendizaje del alumnado. De esta forma tiene un peso significativo en el aprendizaje de destrezas como la comunicación, tanto verbal como escrita, y el análisis y gestión de la información, desarrollo de la autonomía personal y de la capacidad de razonamiento, así como en la adquisición de la competencia aprender a aprender.

Se ha dado especial relevancia a los conocimientos geográficos e históricos, tanto universales como los específicos de España, entendiendo que dentro de esta y siempre que sea posible es conveniente acercar al alumnado a dichos conocimientos desde el entorno más cercano como es el de la propia Comunidad Autónoma.

Los contenidos del currículo se organizan de forma que permita la construcción progresiva del aprendizaje del alumno y posibilite el conocimiento tanto del pasado como del espacio geográfico lo largo de la etapa.

En primer curso se aborda la visión global del mundo y su concreción a nivel europeo y español, en sus aspectos físicos para que el alumno pueda localizar la evolución de las diferentes sociedades humanas. En el primer bloque las

enseñanzas hacen hincapié en el análisis y explicación del relieve y principales conjuntos bioclimáticos. El segundo bloque aborda el estudio de los primeros procesos históricos, desde la Prehistoria hasta finales de la Historia Antigua. Incluye el estudio de la aparición del hombre, el impacto de las primeras revoluciones, civilizaciones urbanas y el Mundo Clásico.

En segundo curso se plantean dos grandes bloques históricos. En el primero de ellos se aborda el estudio de la Edad Media, período que comprende desde la caída del Imperio Romano hasta los acontecimientos que conducen al surgimiento de los estados modernos, con especial atención a los procesos sociopolíticos, económicos y culturales en la Península Ibérica. El segundo bloque entronca directamente con los contenidos previos a través de los hechos que definen a la Edad Moderna como son los cambios en las mentalidades, la cultura, la política y la expansión europea a nivel global.

En tercero se estudia la Geografía, tanto en aspectos humanos como económicos, organizándose los contenidos en tres bloques. El primero se centra en el estudio de los procesos demográficos y migratorios, añadiendo además el proceso creciente de urbanización del planeta y la organización territorial del mundo actual. En el segundo se concentra el estudio de sistemas y sectores económicos. Y, en el tercero, el análisis y explicación de las desigualdades en el espacio geográfico actual y sus repercusiones. Así como el negativo impacto de la acción humana sobre el medioambiente y las medidas correctoras que se derivan.

Por último, en cuarto curso, se incluyen diez bloques temáticos en los que se estudian los procesos históricos que ocurren entre las últimas etapas del Antiguo Régimen y el mundo actual. El primer bloque actúa tanto como enlace con los contenidos abordados en cursos previos como de introducción a los cambios que conducirán al período contemporáneo de la historia. El segundo bloque, centrado en las revoluciones liberales analiza los procesos revolucionarios del último cuarto del siglo XVIII y aquellas que se producen durante la primera mitad del siglo XIX. En relación con este proceso se plantea la Revolución Industrial como eje fundamental del tercer bloque. A este respecto cobran especial relevancia las

características de la revolución industrial en España. El cuarto bloque recoge los contenidos referidos al Imperialismo del siglo XIX y la Primera Guerra Mundial, incluyendo igualmente los procesos revolucionarios de principios del siglo XX en Rusia que conducen a la formación de la Unión Soviética. El período de entreguerras en el cual tienen cabida los movimientos autoritarios de los años 20 y 30 del siglo XX así como la II República y la Guerra Civil española, son abordados en el bloque número cinco. El sexto bloque se ocupa de describir los acontecimientos en torno a la Segunda Guerra Mundial, así como las consecuencias en la geopolítica mundial, con especial atención a la Guerra Fría y a los procesos de descolonización. Si bien se ha tratado en el apartado inmediatamente anterior, la evolución del confrontamiento entre los bloques capitalista y comunista se aborda con mayor profundidad en el bloque siete. La transición entre el siglo XX y XXI es el eje del bloque ocho. El derrumbe de los regímenes soviéticos, el desarrollo de la Unión Europea y la transición política en España son el eje de este bloque. No cabe duda de la relevancia que la revolución tecnológica y la globalización tienen sobre el mundo actual y, por ello, centran los contenidos del noveno bloque. Por último, el décimo bloque actúa como colofón a todo lo estudiado a lo largo de la materia ya que es en este momento cuando el alumnado tiene la oportunidad de ser consciente de la significación de los hechos históricos y la relación entre el pasado, el presente y el futuro a través de la Geografía y la Historia.

La metodología empleada para el desarrollo de la materia ha de otorgar un protagonismo especial a la práctica directa mediante la utilización de recursos didácticos específicos, con el fin de que el alumno observe e interprete los hechos geográficos, históricos y artísticos a través de textos, imágenes, mapas o informaciones estadísticas.

Partiendo de los conocimientos que ya tiene el alumnado es conveniente utilizar dos tipos de estrategias, de exposición y de indagación. Las primeras se podrán utilizar preferentemente para los hechos y conceptos más abstractos. Las segundas, de indagación, a través de pequeños trabajos de investigación, bien individualmente o en grupos, favoreciendo la reflexión, la crítica, la elaboración de hipótesis y que cada uno asuma la responsabilidad de su aprendizaje. En este

sentido es relevante la utilización de las tecnologías de la información y la comunicación.

En la memorización de los conocimientos es esencial encontrar el equilibrio entre comprensión y memorización. Conviene ayudar a discernir con claridad lo que son datos informativos esenciales en cada tema y requieren ser memorizados y los que sólo tiene un interés coyuntural.

Es conveniente hacer especial hincapié en el desarrollo de técnicas de trabajo intelectual, sobre todo a comienzo del curso, insistiendo en la comprensión lectora y la capacidad de expresarse correctamente. En este sentido se deben promover actividades que estimulen el interés y el hábito de la lectura, la expresión oral y escrita, así como aquellas que requieran de la utilización de un vocabulario riguroso a la hora de elaborar redacciones, resúmenes, esquemas, etc. Asimismo se antoja como una tarea básica la adquisición de un pensamiento evolutivo, abstracto, de interrelación y lógico, con el fin de potenciar el análisis multicausal y la comprensión de las situaciones espacio-temporales.

<table>
<tr><th colspan="3">Bloque I. Población y sociedad</th></tr>
<tr><th>Contenidos</th><th>Criterios</th><th>Estándares</th></tr>
<tr><td rowspan="4">La población: distribución, crecimiento, regímenes demográficos y movimientos migratorios.

Tendencias actuales de crecimiento de la población.
Consecuencias en el mundo, en Europa y en España.

Estructuras demográficas.
Diferencias según niveles de desarrollo.

La población española.
Evolución y distribución.

Sociedades actuales.</td><td rowspan="3">1.1. Comentar la información en mapas del mundo sobre la densidad de población y las migraciones.</td><td>1.1.1. Localiza en un mapa mundial los continentes y las áreas más densamente pobladas.</td></tr>
<tr><td>1.1.2 Sitúa en el mapa del mundo las veinte ciudades más pobladas, deduce a qué país pertenecen y explica su posición económica.</td></tr>
<tr><td>1.1.3 Explica el impacto de las oleadas migratorias en los países de origen y en los de acogida.</td></tr>
<tr><td>1.2 Analizar la población europea, en cuanto a su distribución,</td><td>1.2.1 Explica las características de la población europea.</td></tr>
</table>

Estructura y diversidad. Caracterización de la sociedad europea, española. Inmigración e integración. El espacio urbano: Urbanización del territorio en el mundo actual y jerarquía urbana. Funciones e identificación espacial de la estructura urbana. Forma de vida y problemas urbanos. Ciudades españolas: crecimiento demográfico y transformaciones espaciales. La organización política y administrativa de España.	evolución, dinámica, migraciones y políticas de población.	1.2.2 Compara entre países la población europea según su distribución, evolución y dinámica.
	1.3 Analizar las características de la población española, su distribución, dinámica y evolución, así como los movimientos migratorios.	1.3.1 Explica la pirámide de población de España y de las diferentes comunidades autónomas.
		1.3.2 Analiza en distintos medios los movimientos migratorios en las últimas tres décadas.
	1.4 Señalar en un mapamundi las grandes áreas urbanas y realizar un comentario. Elabora gráficos que reflejen información económica y demográfica.	1.4.1 Elabora gráficos de distinto tipo (lineales, de barra y de sectores) en soportes virtuales o analógicos que reflejen información económica y demográfica de países o áreas geográficas a partir de los datos elegidos.
	1.5 Identificar el papel de las grandes ciudades mundiales como dinamizadoras de la economía de sus regiones.	1.5.1 Describe adecuadamente el funcionamiento de los intercambios a nivel internacional utilizando mapas temáticos y gráficos en los que se reflejan las líneas de intercambio.
		1.5.2 Realiza un gráfico con los datos de evolución del crecimiento de la población urbana en el mundo.
	1.6 Comprender el proceso de urbanización, sus pros y sus contras en Europa.	1.6.1 Distingue los diversos tipos de ciudades existentes en nuestro continente.
		1.6.2 Resume elementos que diferencien lo urbano y lo rural en Europa.
	1.7 Reconocer las características de las ciudades españolas y las formas de ocupación del espacio urbano.	1.7.1 Interpreta textos que expliquen las características de las ciudades de España, ayudándose de Internet o de medios de comunicación escrita.

	1.8 Conocer la organización territorial de España.	1.8.1 Distingue en un mapa político la distribución territorial de España: comunidades autónomas, capitales, provincias e islas.

Bloque II. Actividad económica y espacio geográfico		
La actividad económica y el trabajo: Necesidades humanas y bienes económicos. Conceptos, agentes e instituciones básicas que intervienen en la economía de mercado y su relación con las unidades familiares. Sistemas y sectores económicos. Espacios geográficos según su actividad económica. Los tres sectores. Cambios en el mundo del trabajo. Localización y caracterización de las principales zonas y focos de actividad económica, con referencia al territorio europeo y español. Las actividades del sector primario: Actividades agrarias y transformaciones del mundo rural. Diversidad de paisajes agrarios y sus elementos. La actividad pesquera y la utilización del mar. Las actividades del sector secundario: Materias primas y fuentes de energía. Importancia de las energías renovables. Actividad industrial y su evolución. Industrias y espacios industriales. Industria en la era de la globalización. Las actividades del sector terciario: Importancia creciente del sector servicios. Comercio y transportes. Medios de comunicación y la sociedad de la información. Turismo y su impacto en el mundo actual	2.1 Conocer las características de diversos tipos de sistemas económicos.	2.1.1 Diferencia aspectos concretos y su interrelación dentro de un sistema económico.
	2.2 Reconocer las actividades económicas que se realizan en Europa, en los tres sectores, identificando distintas políticas económicas.	2.2.1 Diferencia entre los diversos sectores económicos europeos.
	2.3 Identificar los principales paisajes humanizados españoles identificándolos por comunidades autónomas.	2.3.1 Clasifica los principales paisajes humanizados españoles a través de imágenes.
	2.4 Analizar los datos del peso del sector terciario de un país frente a los del sector primario y secundario. Extraer conclusiones.	2.4.1 Compara la población activa de cada sector en diversos países y analiza el grado de desarrollo que muestran estos datos.
	2.5 Localizar los recursos agrarios y naturales en el mapa mundial.	2.5.1 Sitúa en un mapa las principales zonas cerealistas y las más importantes zonas boscosas del mundo.
		2.5.2 Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras de minerales en el mundo.
		2.5.3 Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras y consumidoras de energía del mundo.
		2.5.4 Identifica y nombra algunas energías alternativas.
	2.6 Explicar la distribución desigual de las regiones industrializadas del mundo.	2.6.1 Localiza en un mapa a través de símbolos y leyenda adecuados, los países más industrializados del mundo.

	2.7 Analizar el impacto de los medios de transporte en su entorno.	2.7.1 Traza sobre un mapamundi el itinerario que sigue un producto agrario y otro ganadero desde su recolección hasta su consumo en zonas lejanas y extrae conclusiones.

Bloque III. Transformaciones y desequilibrios en el mundo actual		
Interdependencia y globalización. Desarrollo y subdesarrollo: Desarrollo humano desigual. Grandes áreas geopolíticas, geoeconómicas y culturales del mundo. Políticas de cooperación y solidaridad. Actitud crítica frente al desigual reparto de la riqueza. Impacto de la acción humana en el medioambiente: Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Disposición favorable para contribuir, individual y colectivamente, a la racionalización en el consumo y al desarrollo humano de forma equitativa y sostenible. Riesgos y problemas medioambientales. Medidas	3.1 Analizar textos que reflejen un nivel de consumo contrastado en diferentes países y sacar conclusiones.	3.1.1 Comparar las características del consumo interior de países como Brasil y Francia.
	3.2 Analizar gráficos de barras por países donde se represente el comercio desigual y la deuda externa entre países en desarrollo y los desarrollados.	3.2.1 Crea mapas conceptuales (usando recursos impresos y digitales) para explicar el funcionamiento del comercio y señala los organismos que agrupan zonas.
	3.3 Relacionar áreas en conflicto bélico en el mundo con factores económicos y políticos.	3.3.1 Realiza un informe sobre las medidas para tratar de superar las situaciones de pobreza.
		3.3.2 Señala áreas de conflicto bélico en un mapamundi y las relaciona con factores económicos y políticos.
	3.4 Entender la idea de "desarrollo sostenible" y sus implicaciones.	3.4.1 Define "desarrollo sostenible" y describe conceptos clave relacionados con él.
	3.5 Conocer y analizar los problemas medioambientales que afronta España, su origen y las posibles vías para afrontar esos problemas.	3.5.1 Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica.
	3.6 Conocer los principales espacios naturales protegidos a nivel peninsular e insular.	3.6.1 Sitúa los parques naturales españoles en un mapa, y explica la situación actual de alguno de ellos.

Anexo III. Conceptos relacionados con la sostenibilidad en el marco legislativo en el que se han llevado a cabo las actividades docentes.

Bloque I. Población y sociedad		
Contenidos	**Criterios**	**Estándares**
La población: distribución, crecimiento, regímenes demográficos y movimientos migratorios. Tendencias actuales de crecimiento de la población. Consecuencias en el mundo, en Europa y en España. Estructuras demográficas. Diferencias según niveles de desarrollo. La población española. Evolución y distribución. Sociedades actuales. Estructura y diversidad. Caracterización de la sociedad europea, española. Inmigración e integración. El espacio urbano: Urbanización del territorio en el mundo actual y jerarquía urbana. Funciones e identificación espacial de la estructura urbana. Forma de vida y problemas urbanos. Ciudades españolas: crecimiento	1.1. Comentar la información en mapas del mundo sobre la densidad de población y las migraciones.	1.1.1. Localiza en un mapa mundial los continentes y las áreas más densamente pobladas.
		1.1.2 Sitúa en el mapa del mundo las veinte ciudades más pobladas, deduce a qué país pertenecen y explica su posición económica.
		1.1.3 Explica el impacto de las oleadas migratorias en los países de origen y en los de acogida.
	1.2 Analizar la población europea, en cuanto a su distribución, evolución, dinámica, migraciones y políticas de población.	1.2.1 Explica las características de la población europea.
		1.2.2 Compara entre países la población europea según su distribución, evolución y dinámica.
	1.3 Analizar las características de la población española, su distribución, dinámica y evolución, así como los movimientos migratorios.	1.3.1 Explica la pirámide de población de España y de las diferentes comunidades autónomas.
		1.3.2 Analiza en distintos medios los movimientos migratorios en las últimas tres décadas.

demográfico y transformaciones espaciales. La organización política y administrativa de España.	1.4 Señalar en un mapamundi las grandes áreas urbanas y realizar un comentario. Elabora gráficos que reflejen información económica y demográfica.	1.4.1 Elabora gráficos de distinto tipo (lineales, de barra y de sectores) en soportes virtuales o analógicos que reflejen información económica y demográfica de países o áreas geográficas a partir de los datos elegidos.
	1.5 Identificar el papel de las grandes ciudades mundiales como dinamizadoras de la economía de sus regiones.	1.5.1 Describe adecuadamente el funcionamiento de los intercambios a nivel internacional utilizando mapas temáticos y gráficos en los que se reflejan las líneas de intercambio.
		1.5.2 Realiza un gráfico con los datos de evolución del crecimiento de la población urbana en el mundo.
	1.6 Comprender el proceso de urbanización, sus pros y sus contras en Europa.	1.6.1 Distingue los diversos tipos de ciudades existentes en nuestro continente.
		1.6.2 Resume elementos que diferencien lo urbano y lo rural en Europa.
	1.7 Reconocer las características de las ciudades españolas y las formas de ocupación del espacio urbano.	1.7.1 Interpreta textos que expliquen las características de las ciudades de España, ayudándose de Internet o de medios de comunicación escrita.
	1.8 Conocer la organización territorial de España.	1.8.1 Distingue en un mapa político la distribución territorial de España: comunidades autónomas, capitales, provincias e islas.

Bloque II. Actividad económica y espacio geográfico		
La actividad económica y el trabajo: Necesidades humanas y bienes económicos. Conceptos, agentes e instituciones básicas que	2.1 Conocer las características de diversos tipos de sistemas económicos.	2.1.1 Diferencia aspectos concretos y su interrelación dentro de un sistema económico.

intervienen en la economía de mercado y su relación con las unidades familiares. Sistemas y sectores económicos. Espacios geográficos según su actividad económica. Los tres sectores. Cambios en el mundo del trabajo. Localización y caracterización de las principales zonas y focos de actividad económica, con referencia al territorio europeo y español. Las actividades del sector primario: Actividades agrarias y transformaciones del mundo rural. Diversidad de paisajes agrarios y sus elementos. La actividad pesquera y la utilización del mar. Las actividades del sector secundario: Materias primas y fuentes de energía. Importancia de las energías renovables. Actividad industrial y su evolución. Industrias y espacios industriales. Industria en la era de la globalización. Las actividades del sector terciario: Importancia creciente del sector servicios. Comercio y transportes. Medios de comunicación y la sociedad de la información. Turismo y su impacto en el mundo actual	2.2 Reconocer las actividades económicas que se realizan en Europa, en los tres sectores, identificando distintas políticas económicas.	2.2.1 Diferencia entre los diversos sectores económicos europeos.
	2.3 Identificar los principales paisajes humanizados españoles identificándolos por comunidades autónomas.	2.3.1 Clasifica los principales paisajes humanizados españoles a través de imágenes.
	2.4 Analizar los datos del peso del sector terciario de un país frente a los del sector primario y secundario. Extraer conclusiones.	2.4.1 Compara la población activa de cada sector en diversos países y analiza el grado de desarrollo que muestran estos datos.
	2.5 Localizar los recursos agrarios y naturales en el mapa mundial.	2.5.1 Sitúa en un mapa las principales zonas cerealistas y las más importantes zonas boscosas del mundo.
		2.5.2 Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras de minerales en el mundo.
		2.5.3 Localiza e identifica en un mapa las principales zonas productoras y consumidoras de energía del mundo.
		2.5.4 Identifica y nombra algunas energías alternativas.
	2.6 Explicar la distribución desigual de las regiones industrializadas del mundo.	2.6.1 Localiza en un mapa a través de símbolos y leyenda adecuados, los países más industrializados del mundo.
	2.7 Analizar el impacto de los medios de transporte en su entorno.	2.7.1 Traza sobre un mapamundi el itinerario que sigue un producto agrario y otro ganadero desde su recolección hasta su consumo en zonas lejanas y extrae conclusiones.

Bloque III. Transformaciones y desequilibrios en el mundo actual		
Interdependencia y globalización. Desarrollo y subdesarrollo: Desarrollo humano desigual.	3.1 Analizar textos que reflejen un nivel de consumo contrastado en diferentes países y sacar conclusiones.	3.1.1 Comparar las características del consumo interior de países como Brasil y Francia.

Grandes áreas geopolíticas, geoeconómicas y culturales del mundo. Políticas de cooperación y solidaridad. Actitud crítica frente al desigual reparto de la riqueza. Impacto de la acción humana en el medioambiente: Aprovechamiento y futuro de los recursos naturales. Disposición favorable para contribuir, individual y colectivamente, a la racionalización en el consumo y al desarrollo humano de forma equitativa y sostenible. Riesgos y problemas medioambientales. Medidas correctoras.	3.2 Analizar gráficos de barras por países donde se represente el comercio desigual y la deuda externa entre países en desarrollo y los desarrollados.	3.2.1 Crea mapas conceptuales (usando recursos impresos y digitales) para explicar el funcionamiento del comercio y señala los organismos que agrupan zonas.
	3.3 Relacionar áreas en conflicto bélico en el mundo con factores económicos y políticos.	3.3.1 Realiza un informe sobre las medidas para tratar de superar las situaciones de pobreza.
		3.3.2 Señala áreas de conflicto bélico en un mapamundi y las relaciona con factores económicos y políticos.
	3.4 Entender la idea de "desarrollo sostenible" y sus implicaciones.	3.4.1 Define "desarrollo sostenible" y describe conceptos clave relacionados con él.
	3.5 Conocer y analizar los problemas medioambientales que afronta España, su origen y las posibles vías para afrontar esos problemas.	3.5.1 Compara paisajes humanizados españoles según su actividad económica.
	3.6 Conocer los principales espacios naturales protegidos a nivel peninsular e insular.	3.6.1 Sitúa los parques naturales españoles en un mapa, y explica la situación actual de alguno de ellos.

Anexo IV. Esquema para el análisis y comentario de una SIG Web o mapa web

Indicar el enlace al mapa Web o SIG Web.

1) Tipo de mapa, capas y el porqué de cada uno:
    a) Mapa base: mapa físico y/o mapa político
    b) Temático
2) Comentario atendiendo a la leyenda del mapa.
    a) Descripción de la leyenda.
    b) Análisis y comentarios de los elementos representados.
    c) Situaciones que se pueden destacar.
3) Conclusiones, en la que hay que realizar una síntesis de lo analizado y comprobar la fiabilidad del mapa web o SIG Web en función de la cita de la fuente de los datos geográficos.

Anexo V. Rúbrica del trabajo escrito de la intervención inicial: Un país en la mochila

	4	3	2	1
BÚSQUEDA E INTERPRETACIÓN DELA INFORMACIÓN CONSULTADA	Busca información en diferentes fuentes y sabe explicarla con sus propias palabras	Busca información en las mismas fuentes y sabe explicarla a medias	Busca información en pocas fuentes y la mayoría de los datos son copiados y pegados	Busca información en una solo fuente y "pega" sin elaborar todos los datos
HERRAMIENTAS COLABORATIVAS	Maneja ampliamente una gran diversidad de herramientas colaborativas para la creación del trabajo escrito	Maneja correctamente herramientas colaborativas para la creación del trabajo escrito	Maneja escasamente herramientas colaborativas para la creación del trabajo escrito	No maneja herramientas colaborativas para la creación del trabajo escrito
CREACIÓN DEL PRODUCTO FINAL[8]	Crea el producto final solicitado, con todos los apartados solicitados	Crea el producto final, con algunos de los apartados solicitados	Crea el producto final, con pocos apartados solicitados	Crea el producto final, con ningún apartado solicitados
CITA DE FUENTES DE INFORMACIÓN	Cita correctamente todas las fuentes de información consultadas para la realización del trabajo	Cita la mayoría de las fuentes de información consultadas para la realización del trabajo	Cita algunas de las fuentes de información consultadas para la realización del trabajo	No cita ninguna de las fuentes de información consultadas para la realización del trabajo

[8] Apartados solicitados: portada (título, nombre del proyecto, miembros del equipo), índice, paginación, epígrafes, mapas web o SIG Web con los datos procedentes de la IDEE y conclusiones.

Anexo VI. Rúbrica de la construcción de una SIG Web con los geodatos procedentes de los servicios de las IDE

	4	3	2	1
BÚSQUEDA DE GEOINFORMACIÓN EN LA IDEE O EN LAS IDE	Sabe buscar y seleccionar una gran variedad de los geodatos procedentes de la IDE	Sabe buscar y seleccionar algunos de los geodatos procedentes de la IDE	Sabe buscar y seleccionar pocos geodatos procedentes de la IDE	No sabe buscar ni seleccionar los geodatos procedentes de la IDE
MANEJO DE LAS OPCIONES[9] DE UN SIG EN LA NUBE O UN VISOR CARTOGRÁFICO	Maneja todas las opciones de un SIG en la Nube (ArcGIS Online) o de un visor cartográfico	Maneja algunas de las opciones de un SIG en la Nube (ArcGIS Online) o de un visor cartográfico	Maneja pocas de las opciones de un SIG en la Nube (ArcGIS Online) o de un visor cartográfico	No maneja las opciones de un SIG en la Nube (ArcGIS Online) o de un visor cartográfico
ANÁLISIS DE LOS DATOS EN LA SIG WEB	Realiza un análisis completo y riguroso de los geodatos en la SIG Web	Realiza un análisis a medias de los geodatos en la SIG Web	Realiza un análisis poco completo de los geodatos en la SIG Web	No realiza ningún análisis

[9] Imágenes, terreno, escalas.

Anexo VII. Rúbrica de la exposición oral

	4	3	2	1
CLARIDAD EXPOSITIVA	Habla claramente y distintivamente todo el tiempo y tiene una buena pronunciación.	Habla claramente y distintivamente todo el tiempo, pero con una pronunciación regular.	Habla claramente y distintivamente la mayor parte del tiempo y tiene mala pronunciación.	A menudo habla entre dientes o no se le puede entender o tiene mala pronunciación.
VOCABULARIO	Usa un vocabulario apropiado y técnico	Usa un vocabulario apropiado pero poco técnico	Usa un vocabulario poco apropiado y poco técnico	Usa un vocabulario inapropiado y nada técnico
COMPRENSIÓN Y ENTENDIMIENTO DEL CONTENIDO	Demuestra una gran comprensión y contesta a todas las preguntas que le plantean	Demuestra buena comprensión y contesta a algunas de las preguntas que le plantean	Demuestra poca comprensión, y no sabe contestar a las preguntas que le plantean	Demuestra no comprender ni el contenido ni las preguntas que se le plantean
APOYOS EN LA PRESENTACIÓN	Emplea varios apoyos que demuestran considerable trabajo y hace la mejor presentación posible	Emplea apoyos que demuestran trabajo y hace una buena presentación	Emplea pocos apoyos que demuestran el trabajo y hace una presentación regular	No emplea apoyos y hace una presentación muy mala
LÍMITE DE TIEMPO	La duración de la presentación es de 7-8 minutos.	No se atiene al tiempo requerido, pasándose un poco	No se atiene al tiempo requerido, no ha sintetizado adecuadamente el trabajo	No se atiene al tiempo requerido ni está adecuadamente sintetizado el trabajo

Anexo VIII. Prueba escrita para ambos grupos - control y experimental - en la intervención inicial

PRUEBA ESCRITA 1
1ª Evaluación - Primer parcial

NOTA

Nombre: _____ Apellidos: _____
Fecha:
Curso: 3º ESO

1. ¿Qué es geografía? ¿Es la geografía una ciencia?
2. ¿Qué ramas tiene la geografía? Explícalas.
3. ¿Qué es la cartografía?
4. ¿Qué instrumentos o imágenes o técnicas tenemos para conocer el territorio?
5. ¿Las tecnologías nos ayudan a conocer la geografía? Razona y argumenta tu respuesta.
6. Enumera y explica brevemente aquellas fuentes que sepas que sirven para conocer el territorio.

Anexo IX. Normas APA versión resumida para los estudiantes



LIBRO IMPRESO	Rojas, F. (2019). *La Celestina*. Madrid: Vicens Vives.
CAPÍTULO DE LIBRO	Castañar, P. (1974). El siglo de oro español. En R.O. Jones, *Historia de la literatura española: Siglo de Oro: prosa y poesía (siglos XVI y XVII)*. (pp. 38-48). Barcelona: Ariel.
ARTÍCULO DE REVISTA	Gómez Antequera, M. y Herráez García, T. (2009). La novela pastoril. *Cuadernos de Literatura, 23*(229), 55-89.
VÍDEO	Biblioteca de la UCM (2018). *Los acordeones del siglo XVIII* [Video]. Recuperado de: www.youtube.com/watch?thgus
REDES SOCIALES	Biblioteca de la UCM (24 mayo de 2000). La investigación de las ranas de Australia [Mensaje en blog]. Recuperado: www.naturalscience.uk.com

Fuente: Biblioteca de la Universidad Complutense de Madrid. Normas APA 6.ª Edición. Disponible en: https://biblioteca.ucm.es/data/cont/docs/405-2016-11-18-Normas%20APA%20Sexta%20Edici%C3%B3n-2.pdf

Resumidas y relaboradas por Javier Álvarez Otero.

Anexo X. Rúbrica para el análisis y comentarios de paisajes representados en una SIG Web

	4	3	2	1
TIPO DE MAPA	Indica correctamente el tipo de mapa, sus capas y razona ampliamente el porqué	Indica el tipo de mapa, sus capas y razona el porqué de algunos aspectos	Indica el tipo de mapa, sus capas pero no razona el porqué	Indica el tipo de mapa, pero no razona el porqué ni sabe cuáles son las capas
COMENTARIO DE SIG WEB	Realiza una buena descripción de la leyenda, que relaciona ampliamente con sus diversas situaciones representadas	Realiza una descripción correcta de la leyenda, que relaciona con algunas situaciones representadas	Realiza una descripción regular de la leyenda, y no relaciona con las situaciones representadas	No realiza una descripción de la leyenda, ni relaciona con las situaciones representadas
CONCLUSIONES	Sintetiza todas las ideas desarrolladas y comprueba la fiabilidad de la fuente del mapa	Sintetiza algunas de las ideas y comprueba la fiabilidad de la fuente del mapa	Sintetiza pocas ideas y no comprueba la fiabilidad de la fuente del mapa	No sintetiza las ideas ni comprueba la fiabilidad de la fuente del mapa

Anexo XI. **Cuaderno de equipo de cada estudiante en el trabajo cooperativo para la coevaluación diaria**

	Nombre del grupo base			
	Lunes 1 de marzo		Martes 2 de marzo	
	Observaciones	**Calif.**	**Observaciones**	**Calif.**
Miembro 1				
Miembro 2				
Miembro 3				
	Lunes 8 de marzo		Martes 9 de marzo	
	Observaciones	**Calif.**	**Observaciones**	**Calif.**
Miembro 1				
Miembro 2				
Miembro 3				

Anexo XII. Lista de chequeo de tareas y de sesiones del trabajo cooperativo con escala Likert para poner la calificación y observaciones en el cuaderno de equipo

	1 nada	2 poco	3 regular	4 bien	5 genial
Ha trabajado...					
Ha escuchado activamente...					
Ha aportado al trabajo...					
Ha ayudado al grupo...					
TOTAL DE PUNTOS					

Anexo XIII. Autoevaluación en un debate realizada con la herramienta Formularios de Google

AUTOEVALUACIÓN DE DEBATE					
	1	2	3	4	5
1. ¿Cuánto he participado?					
2. ¿Cómo ha sido mi actitud hacia el aprendizaje?					
3. ¿He respetado a todos mis compañeros/as?					
4. ¿He respetado el uso de la palabra?					
5. ¿He empleado un correcto vocabulario?					
6. ¿He mostrado coherencia en el debate?					
7. ¿He realizado críticas constructivas?					
8. ¿He argumentado mis respuestas?					
9. ¿Cómo ha sido mi tono de voz durante mi intervención?					
10. ¿Me han enriquecido las ideas de los demás?					
Después de haber contestado a estas preguntas, suma los puntos y haz un comentario valorativo de tu calificación así como cualquier comentario que quieras que lea tu profesor					

Anexo XIV. Rúbrica de un informe escrito con preguntas geográficas

	4	3	2	1
REDACCIÓN DE PREGUNTAS Y RESPUESTAS	Redacta con originalidad las preguntas y las respuestas a las mismas	Redacta correctamente las preguntas y las respuestas a las mismas	Redacta las preguntas, pero sus respuestas no tienen conexión con las preguntas	Redacta las preguntas de manera simple y no sabe realizar las respuestas
CLARIDAD EXPOSITIVA	Tiene una gran claridad a la hora de exponer sus ideas	Tiene claridad a la hora de exponer las ideas	Tiene poca claridad a la hora de exponer las ideas	No tiene claridad a la hora de exponer sus ideas
DESARROLLO DE LAS IDEAS	Razona ampliamente todas sus ideas	Razona algunas de sus ideas	Razona pocas ideas, sin mucha precisión	No razona las ideas, solo las cita brevemente
PRESENTACIÓN, ORDEN Y LIMPIEZA	Cuida mucho los aspectos formales (orden y limpieza)	Cuida los aspectos formales correctamente	Cuida poco los aspectos formales	No cuida los aspectos formales

Anexo XV. Rúbrica de cuaderno de campo en una salida didáctica

	4	3	2	1
CALIDAD DE LOS DATOS E INFORMACIÓN TOMADA	Toma notas de datos e información de calidad	Toma notas de datos e información, pero algunos son confusos	Toma nota de datos, pero con poca o nula información	No toma nota de datos
PRESENTACIÓN GENERAL Y APOYO VISUAL	La presentación es buena con varios recursos visuales que hacen que se comprenda mejor	La presentación es correcta con varios recursos, aunque algunos no tienen relación con el texto	La presentación es irregular, y casi no se presentan recursos visuales	La presentación es mala y no se presenta ningún recurso visual
DESCRIPCIÓN E INTERPRETACIÓN DE LAS PARADAS MARCADAS EN EL SIG WEB	Realiza ampliamente descripciones e interpretaciones de lo observado	Realiza correctamente descripciones y algunas de las interpretaciones	Realiza descripciones breves, con pocas interpretaciones	No realiza descripciones ni interpretaciones de lo observado
VOCABULARIO	Emplea un vocabulario propio de la ciencia geográfica	Emplea un vocabulario propio de la ciencia geográfica aunque con algunos errores	Emplea poco vocabulario de la ciencia geográfica	No emplea vocabulario de la ciencia geográfica

Anexo XVI. Prueba escrita para ambos grupos (control y experimental) - en las intervenciones procesuales

PRUEBA ESCRITA 2

NOTA

Nombre: _____ Apellidos: _____
Fecha:
Curso: 3º ESO

1. Analiza y comenta el siguiente paisaje de España.



Fuente: Ronda (Málaga). Autor: Logopop Web: https://tinyurl.com/y4s5w59t

2. ¿Qué aspectos urbanos destacan en las ciudades de la Europa del Este? ¿Y en las de la Europa del Sur?
3. Explica la política monetaria común de la Unión Europea y razona tus argumentos.
4. Explica y desarrolla porque se dice que *la economía española está terciarizada*.
5. ¿Qué medidas de conservación se podrían llevar en cualquier zona protegida, como son los Parques Nacionales de España?

Anexo XVII. Planificación y diseño de la experiencia final: ¿Somos capaces de transformar el mundo? ¿y nuestro país? ¿y nuestro barrio?

BLOQUE TEMÁTICO UNIDAD DIDÁCTICA		ODS	SECUENCIACIÓN DE ACTIVIDADES	RECURSOS PARA EL AULA	OBJETOS DEL PORTFOLIO
INTRODUCCIÓN	Unidad 0 ¿Es la Geografía una ciencia?: espacio y sociedad	VISIÓN GENERAL DE LOS OBJETIVOS DE DESARROLLO SOSTENIBLE 	1. Introducción a ArcGIS Online 2. Crear una cuenta y conocer las herramientas de creación de mapas 3. Responder encuesta sobre las IDE. Reflexión sobre la importancia de los datos en la actualidad 4. Realizar cuestionario inicial sobre los ODS	• Video sobre ¿cómo crear una cuenta en ArcGIS Online? https://youtu.be/lwOixMxcG-I • Encuesta en Google Forms sobre IDE: https://goo.gl/forms/6bRRj2oiid6ZmfzD2 • Cuestionario inicial sobre los ODS (Kahoot) (Anexo XVIII)	1. ArcGIS Online: 1.1. Infografía de las herramientas de ArcGIS Online 1.2. ¿Cómo agregar capas? ¿De qué modos se puede hacer? 2. Encuesta en Google Forms: ¿Qué es una IDE? 3. Kahoot: ¿Qué son los ODS? ¿Qué es desarrollo sostenible? ¿Situación de España respecto de los ODS?

BLOQUE I. SOCIEDAD Y POBLACIÓN	Unidades 1 y 2 Población mundial, europea y española	 	1. Lectura de los ODS 1 y 2 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS e IDE (Fuente: Banco Mundial) 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Video de ONG Manos Unidas: https://youtu.be/nIdXZIJvXRM • GPS Cepal, como erradicar la pobreza https://youtu.be/MGw4Cd5DtZ0 • World Bank: https://datacatalog.worldbank.org	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados. 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas. 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (1 y 2). 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo.
BLOQUE I. SOCIEDAD Y POBLACIÓN	Unidad 3 Geografía urbana y las ciudades		1. Lectura del ODS 11 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS e IDEE 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Vídeo: ¿Qué son Ciudades emergentes y sostenibles?: https://youtu.be/_AaUoN5ZfVo • Infraestructura de Datos Espaciales de España (www.idee.es): https://youtu.be/bibxK2qZpwM	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir el ODS (11) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

	Unidad 4 La organización política de la sociedad		1. Lectura del ODS 16 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + instituciones y organismos que velan por la paz y la justicia (misiones humanitarias) 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Vídeo: ODS 16 Paz, justicia e instituciones sólidas: https://youtu.be/b4BE54p2TPM • Mapa web: "Conflictos en el mundo y misiones humanitarias y de paz" (GEODIDAC): https://url2.cl/HWVDW	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir el ODS (16) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo
BLOQUE II. ACTIVIDAD ECONÓMICA Y ESPACIO GEOGRÁFICO	Unidad 5 Actividad económica y sociedad	 	1. Lectura de los ODS 5 y 8 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + datos proporcionados por el INE español + IDEE 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Vídeo: La brecha salarial entre hombres y mujeres en Castilla y León (CyL Televisión): https://youtu.be/1-1ZOZMSNls • INE: Instituto Nacional de Estadística: https://ine.es/ • IDEE: www.idee.es	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (5 y 8) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

	Unidad 6 Sector Primario		1. Lectura de los ODS 7 y 15 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE Ministerio de Agricultura / IDE Europea 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• La obsolescencia programada y el consumismo: https://youtu.be/zz-61eHzO1w • Obsolescencia programada: tecnología con fecha de caducidad: https://youtu.be/aBDykqMv0xc	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (7 y 15) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo
BLOQUE II. ACTIVIDAD ECONÓMICA Y ESPACIO GEOGRÁFICO	Unidad 7 Sector Secundario		1. Lectura del ODS 9 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE europea 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• ¿Cómo es posible crear un desarrollo sostenible desde la industria de la construcción?: https://youtu.be/PyckR-Lowuc	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir el ODS (9) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

	Unidad 8 Sector Terciario	 	1. Lectura de los ODS 3 y 4 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Vídeo: ODS 3 Salud y Bienestar: https://youtu.be/GdySQGTtNL4 • Vídeo: ODS 4 Educación de calidad: https://youtu.be/Axrfh2cae7E • Vídeo: ¿Qué es el Estado del bienestar?: https://youtu.be/LFPyswkqcBQ	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (3 y 4) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo
BLOQUE II. ACT. ECON. Y ESPACIO GEOG.	Unidad 9 Economía y geografía española		1. Lectura del ODS 12 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Consumismo, ¿te hace feliz? https://youtu.be/zEVJgNxc-Ms • Sociedades de consumo y geografía: https://youtu.be/WCZ62T-63cY	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir el ODS (12) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

BLOQUE III. TRANSF. Y DESEQ. EN EL MUNDO	Unidad 10 Desigualdad y cooperación	 	1. Lectura de los ODS 10 y 17 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE europea + Mapa de UE + relaciones internacionales 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Desigualdad: ¿el gran problema del siglo XXI?: https://youtu.be/ELOWfmo_vIo • Historia de la UE: https://youtu.be/rtpX8ZH3r7Y	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (10 y 17) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

BLOQUE III. TRANSFORMACIONES Y DESEQUILIBRIOS EN EL MUNDO ACTUAL	Unidad 11 Desafíos medioambientales	  	1. Lectura de los ODS 6, 13 y 14 a trabajar en la unidad y visualización del vídeo en EdPuzzle 2. Actividad colaborativa y cooperativa: Mapa con ArcGIS + IDE + IDE + Zonas protegidas 3. Reflexión y debate sobre las actuaciones de mejora que propone cada grupo (exposición oral)	• Las próximas guerras serán por el acceso al agua: https://youtu.be/nOgM2Tzl5u0 • Resumen de una Cumbre del Clima que puede cambiar el mundo (2015): https://youtu.be/ZliaYuH2Y1I • Pequeñines no Gracias – Campaña: https://youtu.be/J9Pm2g2SZLU	1. Realizar un MAPA WEB en el que busquen e agreguen los datos de al menos dos variables relacionada con los ODS presentados 2. Análisis y comparación entre los diferentes continentes / países en los que se observar diferentes situaciones geográficas relacionadas con las variables seleccionadas 3. Informe con la propuesta de actuaciones de mejora para conseguir los ODS (6, 13 Y 14) 4. Debate y puesta en común de las propuestas de las actuaciones de mejora de cada grupo

Fuentes empleadas: diseño y planificación elaborada por Javier Álvarez Otero

- Imágenes de los ODS extraídas de: http://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/ (UNESCO)

- Para la programación de las unidades didácticas, se ha tenido en cuenta la realizada por los autores del libro de texto de los centros educativos en los que se realizan las intervenciones:

Tébar Arjona, J., Buzo Sánchez, I., Araujo Ponciano, J. y Lázaro Arbués, M. *Geografía e Historia. 3 ESO. Savia*. Madrid: SM.

Anexo XVIII. Cuestionario inicial sobre los Objetivos de Desarrollo Sostenible en la intervención final realizado en la herramienta Kahoot

PRE-TEST
1. ¿Qué son los ODS? (en inglés SDG)
a) Objetivos de Digitalización Sostenible b) Objetivos de Desarrollo Sostenible c) Objetivos de Doctores en Servicio
2. ¿Cuál es la institución preocupada por los ODS en el seno de la que se aprueban?
a) Acciones Unidas b) Unión Europea c) Naciones Unidas
3. ¿Cuál es la filosofía de los ODS?
a) Transformar nuestro mundo desde cualquier parte del mundo b) Transformar nuestro país con los fondos económicos de la UE c) Transformar nuestro continente con la ayuda de los EE.UU.
4. ¿Sabes cuál es la nueva fecha para lograr los ODS?
a) En veinticinco años con una nueva reunión b) En 2030 con una nueva reunión c) En 2020 con una nueva reunión
5. ¿Cuántos ODS hay para este nuevo período 2015-2030?
a) 17 b) 15 c) 12
6. ¿Qué objetivos de los siguientes están incluidos para la Agenda 2030?
a) Fin de Operaciones Bursátiles, Mejorar la Sanidad Española b) Fin de la pobreza, Educación de calidad, Igualdad de Género c) Hambre cero, Financiación de Bienes, Zonas Verdes para Todos
7. ¿Crees que tú, como estudiante, podrías transformar el mundo?
a) Sí, al 100% creo que podría empezar a cambiar el mundo b) 50% sí, 50% no, estoy en duda si podría cambiarlo. c) No, no podría de ninguna manera

Fuente: Kahoot, disponible en: https://create.kahoot.it/share/ods/2f6bc7a0-dbfa-447a-9b27-ebbd49338ddb elaborado por Javier Álvarez Otero.

Anexo XIX. Ejemplo de un informe de un estudiante como evidencia del portfolio de los ODS

Nº 11

REFLEXIÓN

¿Cómo poner fin a la pobreza en todo el mundo? El objetivo es poner fin a la pobreza antes de 2030. Viven más de 700 millones de personas en pobreza extrema para satisfacer sus necesidades básicas. Hay personas que sobreviven con 1,90$ ~~y~~ a por día y a ti te parece poco 5 o 10 o 15€. Pero no os penseis que esto es sólo en África o en Siria, en países ricos hay 30 millones de niños pobres. Se supone que cuentan con todos los recursos y no es así ¿por qué no ayudarlos? ¿Qué puedo hacer?

Lo que tienes que hacer como adolescente no es irte a Siria o a Nigeria a dar de comer. Piensa en algo más fácil como pensar que defiendes, ¿la igualdad? Si alguien te pide ayuda pasos de largo o te preocupas. No pienses que con saberte cuatro derechos ya puedes hacerlo todo. ¿Lo promueves? ¿Te sientes que esto va contigo? Pues adelante hazlo.

¿Cómo poner fin al hambre? ¿Se puede? Hay 800 millones de personas que padecen hambre. Te has parado a pensar porque. No te pienses que solo es África y cuatro o cinco países más. A lo mejor el tuyo es uno de ellos y tú con tus cinco comidas diarias y otros que con un trozo de pan tienen para toda la semana. ¿Es un reparto justo, equitativo a todos por igual? o ~~¿por~~ porque lo tenga yo a mí me da igual. No es un poco egoísta de tu parte. ¿Qué podemos

INFORME

Nº 11

Mapa nº 1

Este mapa es sobre el producto interior bruto y los diferentes cantidades en los diferentes países.

El GDP (Gross Domestic Product) más bajo se produce en países de África, del Este de Europa, el oeste de Asia, CentroAmérica y gran parte de Sudamérica. El GDP en estos países es entre 28,4 millones y 100 billones. Pero no tiene nada que ver el de Bolivia (5.343.260.000$) con el de Perú (34.544.480.000 $) y eso que son vecinos. Por ejemplo, Botswana (3.942.013.000 $) es muy grande comparado con la pequeña zona de Lesoto (599.015.700 $). Pero, por qué es tan bajo en estos países? Una simple razón, es por su economía, o por sus recursos. Pero aún así hay bastante diferencia de unos con otros. Digamos que hay como subniveles dentro de los países en vías de desarrollo.

El segundo GDP más bajo es entre 100 billones y 350 billones. Son países un poco más desarrollados que los anteriores, caso de Austria (172.166.000.000 $) Suiza (241.002.000.000$) y Turquía (151.041.000.000 $). Sin embargo, Australia su GDP es de (329.965.000.000 $) es casi del siguiente nivel. Se trata de países desarrollados que no tienen tantos recursos y dependen de otros para desarrollarse más

O repartirle unos pasteles O invitale a un café y unos churros calentitos. Puedes apoyar la nutrición buena y no desperdiciar alimentos que otros necesitan. Cala hondo en tus compañeros para que ellos influyan en otros más y así cada vez seamos más. Publicalo en tus redes sociales.

Pero, ¿qué has hecho para tener esos derechos que estas personas que son iguales que tú? Lo que pasa es que tu has nacido en un país desarrollado y has tenido la suerte de poder tener esos recursos. Hay muchas personas que no lo pueden disfrutar y están en pobreza extrema o pobreza absoluta. La diferencia es que en la pobreza extrema no puedes disfrutar de ningún recurso necesario para vivir mientra que en la absoluta disfrutas de uno o dos recursos como mucho.

¿Qué puedes hacer para cambiarlo? Lucha para que esos países puedan desarrollarse y al hacerlo puedan disfrutar de todos los recursos que nosotros disfrutamos hoy en día.

N- 11

Este mapa es sobre la cantidad de tierra que ha sido usada para la agricultura. ¿Por qué hemos elegido este mapa? Porque la agricultura proporciona alimentos y con comida no se tiene hambre.

Los países con más porcentaje son aquellos que no tienen muchos recursos y este es uno de ellos. Países de Centroamérica, Sudamérica, África.

Los países con recursos, ocupan el segundo lugar porque tienen que explotar este recurso. Son países como España, Reino Unido, Francia, Italia

Del 31 al 50% son países menos agricultores. Les gusta más la carne. Son cómo Estados Unidos. Donde es del 45,1%.

Del 17,1 al 30% son países en los cuales no es muy frecuente la agricultura. Son Croacia, Eslovenia. La mayoría de los países de los Balcanes.

El nivel más bajo es para países en los cuales la agricultura no es frecuente. Es el caso de Canada.

y llegar a ser algún día como los que les proporcionan recursos

El GDP de 350 billones a 900 billones se puede encontrar en países conocidos como España (560.396.000.000 $), Rusia (509.382.000.000 $), China (379.469.000.000$). El GDP en estos países no están tan alto como en otros, básicamente porque hay otros que tienen mejor economía.

El GDP de 900 billones a 2 Trillones se puede encontrar en países que son potencias mundiales; Francia, Italia, Alemania, Reino Unido... Son países que están en la mayoría de las organizaciones y prestan recursos a aquellos que lo necesiten. Suele ser de 1.244.070.000.000 $...

El tercer GDP más alto es de 2 trillones a 4 trillones. Un país de este nivel es Japón con 3.484.770.000.000 $. Son países con muchos recursos y todos ellos muy explotados.

El ~~Segundo~~ GDP ~~y el~~ más alto es el de EEUU con 5.943.200.000.000 $. Es el país que más recursos tiene y el que más los explota.

Todo esto era en el año 1991. Todo estos datos han ido cambiando y todos los países han evolucionado en mayor o menor medida y todos o la gran mayoría han aumentado niveles.

Objetivo Nº 1 ¿Cómo poner fin a la pobreza en el mundo?

De forma local: puedes contribuir con Cáritas, Manos Unidas. Puedes ayudar en el colegio con las campañas que hacen. Puedes ofrecer tu ayuda dando comida a algún sin techo, algún mendigo. Con la participación activa en eventos que recaudan dinero y comida. Hacer un rastrillo solidario y con los fondos recaudados ayudar a combatir el hambre.

De forma global: A lo largo de un año hay muchas manifestaciones, de forma que puedes participar en alguna de ellas. Cuantas más personas sean, más probabilidades tienes de que el Gobierno te escuche y pueda ayudar a aquellos países más necesitados. Puedes ofrecerte a participar en alguna ONG. También puedes colaborar con dinero, que puede llegar para poder comprarles comida, o para repartirlo entre las comunidades.

Objetivo Nº 2 ¿Cómo poner fin al hambre en el mundo?

De forma local: Puedes organizar actividades lúdicas para conseguir beneficios y así poder comprar comida. También puedes ayudar, simplemente no desperdiciando los alimentos. Participar con el Banco de Alimentos o con la "Operación Kilo".

De forma global: Puedes ponerte al servicio de ONGs. Aportar comida a asociaciones u organizaciones para que luego estas lo repartan.

Anexo XX. Carta de un grupo de estudiantes al Complejo Asistencial de Ávila

A la gerencia del Complejo Asistencial de Ávila

Estimado Gerente del Complejo Asistencial de Ávila,

Somos un grupo de estudiantes de 3° E.S.O. y nos dirigimos a usted para hacer una propuesta de mejoras en el Complejo Asistencia de Ávila, el cual es sabido por la ciudadanía abulense que puede mejorar y progresar para que los centros sanitarios que compone dicho complejo cumplan con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

Desde la asignatura de Geografía, hemos trabajado los ODS (3 y 4) relacionados con la salud y la educación que a través de una reflexión y realización de un mapa web de la situación sanitaria y educativa, nos han hecho valorar algunas actuaciones que se podrían realizar en nuestros centros sanitarios de la ciudad:

1. En el Hospital Nuestra Señora de Sonsoles:
    a. Se pueden mejorar los accesos para que todas las personas puedan acceder sin barreras que obstaculizan el paso (se adjuntan fotografías de dichas entradas y salidas del centro sanitario).
    b. Se pueden invertir en máquinas y aparatos más potentes, porque hemos descubierto que hay quejas de pacientes de las consultas médicas de ginecología, cardiología y traumatología.
    c. La planta de Pediatría se podría decorar con dibujos más bonitos para los niños y niñas que pasamos algún tiempo allí. Así también la instalación de un aula hospitalaria para los niños y niñas que pasan un largo tiempo allí.

2. En el Hospital Provincial de Ávila:
    a. Se podrían realizar diferentes accesos para que el ala de Psiquiatría tuviera un acceso distinto al acceso de la calle principal (c/ Jesús del Gran Poder, 42). Para ello, se deberían realizar obras en los pabellones del ala oeste del hospital.
    b. Se podrían realizar turnos de mañana y tarde con la contratación de más personal debido a la alta demanda de las especialidades que hay en este centro médico.

La inversión en Sanidad y Educación son la base para un futuro mejor. Muchas gracias por su atención. Esperamos su respuesta.

Un cordial saludo,

Grupo de estudiantes de 3° ESO C

Grupo de estudiantes núm. 3

Anexo XXI. Prueba final en la intervención final para el grupo experimental

PRUEBA FINAL

NOTA

Nombre: _____ Apellidos: _____
Fecha:
Curso: 3º ESO

1. Construye una SIG Web con los datos procedentes de la IDEE o de cualquier IDE que hayas conocido durante el curso. Pégala aquí y escribe su url.
2. Analiza la situación que se da en el mapa. Acuérdate puedes usar el esquema dado en clase para que sea más fácil su comentario.
3. De los Objetivos de Desarrollo Sostenible, selecciona dos y propón alternativas para mejorar dichos aspectos.

Te dejo aquí la imagen de los 17 ODS



Fuente: https://onu.org.gt/objetivos-de-desarrollo