LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA

Rafael Sebastián Alcaraz
Emilia María Tonda Monllor
(Coordinadores)

LA INVESTIGACIÓN E INNOVACIÓN EN LA ENSEÑANZA DE LA GEOGRAFÍA

Rafael Sebastiá Alcaraz

Emilia María Tonda Monllor (Eds.)

Publicaciones de la Universidad de Alicante
03690 San Vicente del Raspeig
publicaciones@ua.es
<http://publicaciones.ua.es>
Teléfono: 965 903 480

© los autores, 2016
© de la presente edición: Universidad de Alicante

ISBN: 978-84-16724-07-9

Diseño de cubiertas: CEE Limencop S.L.
Maquetación: CEE Limencop S.L.

Esta editorial es miembro de la UNE, lo que garantiza la difusión y comercialización nacional y internacional de sus publicaciones.

Reservados todos los derechos. Cualquier forma de reproducción, distribución, comunicación pública o transformación de esta obra solo puede ser realizada con la autorización de sus titulares, salvo excepción prevista por la ley. Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos, www.cedro.org) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra.

UTILIZACIÓN DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL TRABAJO DE CAMPO GEOGRÁFICO: POSIBILIDADES Y DIFICULTADES PARA SU USO DOCENTE

Ignacio Molina de la Torre, Luis Carlos Martínez Fernández, Gonzalo Andrés López

Universidad de Valladolid

Universidad de Burgos

imolina@fyl.uva.es

luisca@fyl.uva.es

gandres@ubu.es

Resumen

La comunicación pretende evaluar las potencialidades de la realidad aumentada para el trabajo de campo de los alumnos en procesos de aprendizaje autónomo. En primer lugar, se hace una breve introducción acerca del concepto y la tecnología actual de la realidad aumentada, para, a continuación, presentar un estudio de caso referido al uso de esta tecnología dentro de un trabajo práctico realizado por alumnos del Grado de Geografía y Ordenación del Territorio. Finalmente, el trabajo reflexiona acerca de las posibilidades y limitaciones de la realidad aumentada en la geografía y plantea líneas de investigación.

Palabras clave

Realidad aumentada, trabajo de campo, aprendizaje autónomo, Wikitude.

1. INTRODUCCIÓN

En un momento en el que los cambios tecnológicos socavan muchos de los paradigmas educativos más tradicionales y están transformando completamente los procesos de enseñanza-aprendizaje, resulta necesario evaluar las posibilidades abiertas por algunas tecnologías emergentes, como la realidad aumentada, en la docencia de la geografía.

Cuando las necesidades del aprendizaje por competencia hacen que el trabajo en el aula no sea suficiente para alcanzar los objetivos pretendidos, esta tecnología permite superar los límites espaciales y temporales docentes tradicionales, y desarrollar experiencias autónomas en un ámbito mucho más amplio. En particular, en el marco de la geografía, la realidad aumentada basada en la localización ofrece un amplio abanico de posibilidades en el trabajo de campo, tanto si está dirigido por el profesor como si lo realizan autónomamente los estudiantes.

Sin embargo, estamos ante una tecnología incipiente, por lo que las herramientas de realidad aumentada están cambiando de forma constante, ampliando sus potencialidades para la docencia, pero, a la vez, haciéndose cada vez más complejas, por lo que no resulta sencillo, a priori, medir el esfuerzo que supone emplear esta tecnología en un proceso de aprendizaje.

Por ello, el objetivo de la comunicación es presentar una experiencia muy básica de uso de la realidad aumentada fuera del aula, empleada a modo de prototipo, en el contexto de un proyecto de innovación docente que pretende, a medio plazo, incorporar este tipo de herramientas a la docencia de la geografía de forma más estandarizada.

Partiendo de una reflexión teórica acerca del uso de la tecnología en la docencia de la geografía, se realiza una aproximación a la realidad aumentada, tanto desde el punto de vista conceptual como en relación con las herramientas disponibles. A partir de este marco, se presenta la experiencia de realidad aumentada y se evalúan los resultados obtenidos, con el fin de fomentar la discusión sobre las potencialidades y las dificultades actuales y futuras de esta tecnología para los procesos de enseñanza-aprendizaje en geografía.

2. DEL MUNDO EN EL AULA AL AULA EN EL MUNDO: LA INCORPORACIÓN DE LA TECNOLOGÍA AL APRENDIZAJE GEOGRÁFICO

Aunque hace casi cincuenta años algunos geógrafos (Hägerstrand, 1967; Haggett, 1969) ya destacaban la importancia que había adquirido la computación para la investigación y la docencia de la geografía, hasta el punto de aseverar que este proceso, iniciado en los años cincuenta, iba a tener numerosas consecuencias en la enseñanza geográfica, no podía preverse hasta qué punto la disciplina, y el conocimiento geográfico en general, iba a transformarse en este periodo. Y es que “aunque existían ordenadores primitivos desde principios de los cincuenta, nadie había reconocido entonces el potencial de la informática en la cartografía, mucho menos esperado la aparición de los sistemas de información geográfica (GIS) y de la ciencia de la información geográfica (GIScience) en la segunda mitad del siglo XX” (Sui y Morrill: 2004, 82).

De entre todos los cambios derivados de la introducción de las tecnologías de la información en la docencia geográfica, uno de los que ha tenido más impacto y se ha extendido más es la extensión de la imagen digitalizada del mundo, derivada, por un lado, del crecimiento casi exponencial de información geográfica georreferenciada y disponible, y, por otro, de la generalización del software que permite una utilización sencilla y rápida de dicha información geográfica. El concepto de “Tierra Digital” o “Digital Earth” surge a finales de la última década del siglo XX, cuando Al Gore plantea la necesidad de “una representación del planeta multirresolución, tridimensional, y en la que se puedan insertar grandes cantidades de datos georreferenciados” (Goodchild: 2008, 35). Y aunque esa idea parecía más un deseo que una realidad y estaba lejos de poder plasmarse en 1998, la acelerada evolución de internet ha posibilitado una mejora continua en la visualización de las imágenes digitales del mundo, de tal forma que si en un principio se disponía de una cartografía básica de extensión casi mundial, posteriormente se generalizó la visualización de imágenes de satélite, para, en los últimos años, disponer de imágenes de 360° a pie de calle y de modelos tridimensionales para su visionado.

Este nuevo mundo digital, de carácter virtual pero con un aspecto cada vez más realista, ha posibilitado nuevas experiencias docentes en el ámbito de la Geografía, en la medida en que el aprendizaje de casi cualquier proceso con base espacial puede basarse en la geo-visualización, abriendo “ventanas” a la complejidad de los fenómenos y procesos que se analicen, a través de escenas innovadoras o entornos virtuales (MacEachren y Kraak: 2001). Así, el uso de información geográfica como la disponible en las IDEs o, más comúnmente, las imágenes de satélite disponibles a través de Google Earth, Google Maps, Bing Maps o ArcGIS.com, las fotografías de Google Street View o las imágenes oblicuas de Bing facilitan el conocimiento geográfico, como demuestran numerosos trabajos recientes (Arranz et al, 2013; Luque, 2011; Gould, 2008; Patterson, 2007).

Dos son los aspectos que favorecen su extensión en la docencia. Por un lado, su relativa facilidad de uso y su carácter gratuito –en ocasiones con limitaciones–, que facilitan la utilización tanto por parte del profesor como por el alumnado, y que hace aumentar el número de usuarios potenciales frente al empleo de aplicaciones SIG más tradicionales y complejas. Por otro, se extiende la imagen del espacio geográfico con el que se puede entrar en contacto, aunque sea de forma virtual. En un contexto en el que resulta complicado, por cuestiones de diversa índole, la extensión o, incluso, el mantenimiento del trabajo de campo presencial, el mundo digital supone una alternativa que facilite el conocimiento de realidades espaciales diversas por parte de los alumnos, sobre todo en aquellos aspectos en los que resulta imposible acceder de forma directa (Sobrino: 2013).

No obstante, los cambios tecnológicos de la última década abren nuevas posibilidades en el uso de la información geográfica para la docencia, que complementan las potencialidades de la virtualización del mundo, y que están ligadas a la generalización del uso de dispositivos móviles y el avance de las aplicaciones basadas en la geolocalización.

Vistos habitualmente como un distractor en el trabajo en el aula (Burns y Lohenry: 2010), no cabe duda de que, desde otra perspectiva, los dispositivos móviles son herramientas cada vez más potentes para el aprendizaje y, en particular, para la consulta y generación de información geográfica, tanto dentro como fuera del aula (Medzini et al: 2015). Desde la consulta de información general de forma ubicua, o la geolocalización automática de fotografías y mensajes en redes sociales (tanto en las más genéricas como Twitter o Facebook como en las específicas como Foursquare), al uso de los sistemas de navegación mediante GPS o similar, cada vez es más habitual y numerosa la generación de información georreferenciada, y aumentan las posibilidades para usarlo en procesos de aprendizaje (Cochrane: 2010). Y es que “los alumnos usan habitualmente estos equipos gestionando y transformando una tipología diversa de datos, y realizan actividades susceptibles de convertirse en conocimiento aprovechando las ventajas y atractivo de estos nuevos dispositivos electrónicos” (Fombona et al: 2012, 198).

Si la extensión de la información geográfica digital y georreferenciada posibilita la virtualización del mundo en el aula, los móviles permiten, de una forma complementaria, sacar el aula al mundo, a través de lo que algunos autores han denominado el aprendizaje móvil o “*m-learning*” (Laurillard, 2007; Medzini et al, 2015). Así, “los dispositivos portátiles de mano tienen cada vez más poderosas capacidades en multimedia, redes sociales, comunicación y geo-localización (GPS) y, en consecuencia, el aprendizaje móvil (*m-learning*) ofrece numerosas oportunidades y desafíos en la educación” (Kearney et al: 2012). A través de los dispositivos móviles puede consultarse en cualquier lugar toda la información disponible en internet –con la limitación de la necesaria conexión a la red–, y, de igual forma, también se puede generar todo tipo de información útil para reforzar los procesos de aprendizaje.

De todas las transformaciones que el uso de los dispositivos móviles puede generar en los procesos de aprendizaje, la más radical es, sin duda, la superación de las dimensiones espacial y temporal del aprendizaje formal. Si este ha estado tradicionalmente encuadrado en límites espaciales como aulas o centros educativos (por ello se entiende el potencial de la Tierra Digital antes presentada como forma para superarlos), o límites temporales, como los horarios y calendarios escolares, el aprendizaje móvil “tiene el potencial para trascender estas restricciones espaciales y temporales, superando la necesidad de enlazar actividades concretas a lugares

particulares o momentos concretos” (Kearney et al: 2012, 4). En este sentido, “el uso de recursos móviles para el aprendizaje modifica el ambiente de aprendizaje al convertir cualquier escenario en un ambiente innovador y colaborativo” (Fombona et al: 2012, 199).

Esta expansión en las dimensiones del proceso de aprendizaje lleva aparejada una transformación completa en cuanto a los roles y las acciones que el profesorado debe llevar a cabo. La adaptación a los requisitos del aprendizaje móvil exige, sin duda, un mayor trabajo por parte del docente, puesto que se necesita “un buen diseño pedagógico que facilite la continuidad entre los contextos de aprendizaje presencial y remoto” (Cochrane: 2010, 134). Más aún si, como es el caso de este trabajo, el marco de referencia pedagógico incluye la realización de trabajo de campo por parte de los alumnos de manera autónoma, aprovechando las posibilidades de las aplicaciones de geolocalización en móviles para desarrollar una estrategia de m-learning. Y, para ello, han sido de especial utilidad las aplicaciones de realidad aumentada en el trabajo de campo que han llevado a cabo los alumnos en su proceso de aprendizaje.

3. LAS POSIBILIDADES DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL APRENDIZAJE GEOGRÁFICO

Partiendo de la premisa de que no es sencillo poner en marcha una estrategia educativa basada en el aprendizaje móvil, la Geografía es una disciplina en la que este modelo pedagógico tiene muchas posibilidades de desarrollo. En concreto, y de acuerdo con sus características, el uso de las aplicaciones basadas en geolocalización y, particularmente, las de realidad aumentada, puede facilitar los procesos de aprendizaje autónomo por parte de los alumnos.

En este sentido, podemos definir la realidad aumentada de forma simple como “una tecnología capaz de complementar la percepción e interacción con el mundo real, brindando al usuario un escenario real aumentado con información adicional generada por ordenador (de Pedro: 2011, 301). No obstante, partiendo de esta noción básica, conviene realizar una serie de consideraciones acerca de esta tecnología.

Pese a plantearse actualmente como una de las dimensiones más innovadoras de las nuevas tecnologías referidas a la geolocalización, la realidad aumentada se ha desarrollado a lo largo de casi un cuarto de siglo, con cambios significativos tanto en su conceptualización como en cuanto a las herramientas y aplicaciones disponibles. Partiendo de la noción de realidad aumentada de Azuma, que plantea que estos sistemas tienen que tener tres características básicas, como son la combinación de lo real y lo virtual, la interactividad en tiempo real y la composición en tres dimensiones (Azuma: 1997), establecida como referencia obligada, esta tecnología ha ido evolucionando de forma constante, incrementándose sus usos potenciales. Así, si en un principio la realidad aumentada tiene unas necesidades técnicas que imponen una visualización más estática, de forma que sus principales usos se enfocan hacia aplicaciones como la medicina, la ingeniería o la defensa (Azuma, 1997; Yuen et al: 2011), la extensión de dispositivos que puedan “ampliar la realidad” ha multiplicado exponencialmente los campos de aplicación y los ámbitos en los que utilizar esta tecnología. Así, pueden encontrarse numerosos ejemplos del uso de la realidad aumentada en publicidad, turismo, juegos, etc.

Ahora bien, uno de los campos en los que se ha producido un mayor desarrollo es, sin duda, el educativo, considerando que es una herramienta “muy prometedora para

mejorar el aprendizaje de los estudiantes, pero sólo estamos empezando a comprender diseños instruccionales eficaces de esta tecnología emergente” (Dunleavy et al: 2009, 19). Como puede comprobarse en la bibliografía existente, aún estamos en una fase de análisis de las potencialidades de la tecnología en la educación, donde se vislumbra la importancia que puede llegar a tener pero aún hay numerosos aspectos que deben ser analizados y evaluados. Así, se valoran positivamente las múltiples y heterogéneas posibilidades de la realidad aumentada en el diseño de materiales didácticos y actividades de aprendizaje en la educación superior (de Pedro: 2011), tanto en disciplinas técnicas como en el ámbito de las ciencias sociales. Dentro de los beneficios que se han detectado en las experiencias prácticas en el aula, se señalan algunos como una mayor comprensión de los contenidos, una retención memorística a largo plazo, un mejor desempeño en tareas físicas, una mejora en la colaboración, y, sobre todo, un aumento de la motivación del alumnado (Radu: 2014). De igual forma, otros trabajos señalan que la realidad aumentada “podría permitir (1) el aprendizaje de contenido en perspectiva 3D, (2) un aprendizaje ubicuo, colaborativo y localizado, (3) la sensación de presencia, de inmediatez, y de inmersión por parte de los alumnos, (4) la visualización de lo invisible, y (5) una pasarela entre aprendizaje formal e informal” (Wu et al: 2013, 43). No obstante, también se detectan en los proyectos realizados algunos inconvenientes y dudas que han de ser consideradas a la hora de poner en marcha iniciativas similares (Prendes: 2015). Así, estos problemas se han centrado en las dificultades en cuanto a su usabilidad, a su enfoque, a su dificultad para integrarla en la dinámica de la clase, y a la importancia del docente en todo el proceso (Radu: 2014).

Hay que tener en cuenta, por otra parte, que dentro de la noción básica de realidad aumentada se agrupan tecnologías muy diferenciadas, según las herramientas disponibles y los objetivos que se pretendan conseguir. Así, la realidad aumentada no es sino una de las formas en las que se pueden relacionar el mundo real y el mundo virtual en un mismo contexto visual a través de la tecnología, dentro de lo que se ha denominado comúnmente la “realidad mixta” (Milgram y Kishino: 1994). Esta realidad mixta puede representarse (figura 1) como un “continuo virtual” o “*virtuality continuum*”, que tiene en los extremos el mundo real y el mundo virtual, y en sus posiciones intermedias la realidad aumentada, cuando la representación es más cercana al mundo real, de tal forma que lo que percibimos es que el mundo real es mejorado por datos o activos digitales, y la virtualidad aumentada, cuando predomina la inmersión en un entorno virtual aunque aparezcan imágenes del mundo real (Yuen et al: 2011, 121).

Figura 1. Representación del continuo virtual según el esquema de Milgram y Kishino (1994).

La acelerada evolución tecnológica de la realidad aumentada ha generado la necesidad de clasificar las diferentes herramientas existentes, a medida que esta tecnología se ha hecho progresivamente más compleja. Así, Lens-Fitzgerald establece 4 niveles dentro de la realidad aumentada, en función de su antigüedad, de los requisitos

técnicos y de la información disponible: nivel 0, o hiperenlace con el mundo físico (a través de códigos QR o similares), nivel 1, o realidad aumentada basada en marcadores (la más común, y que coincide con la tecnología que hemos utilizado en este proyecto), nivel 2, realidad aumentada sin marcadores, a través del reconocimiento de imágenes u objetos del mundo real, y nivel 3, visión aumentada, a partir de tecnología como las gafas inteligentes (Lens-Fitzgerald: 2009).

Otros autores distinguen, dentro de las aplicaciones existentes, entre realidad aumentada basada en la imagen y basada en la localización (Cheng y Tsai: 2013), una clasificación que resulta básica en el caso de su utilización en el aprendizaje geográfico, en la que la segunda tiene muchas más potencialidades de desarrollo. De una manera muy esquemática, puede decirse que la realidad aumentada sobre localización “utiliza los datos de posición enviados desde los dispositivos móviles, tales como redes wifi o sistemas de posicionamiento global (GPS), para identificar una ubicación, y entonces superponer información generada por ordenador” (Cheng y Tsai: 2013, 452). Características ya generalizadas en los smartphones, como brújula, acelerómetro, GPS, cámara de alta definición, etc. permiten el desarrollo de este tipo de realidad aumentada, y su empleo en aprendizajes ubicuos, colaborativos y localizados, enfatizando las interacciones de los alumnos con el entorno físico (Wu et al: 2013). Este hardware se complementa con el uso de navegadores de realidad aumentada (AR browser), diseñados para poder ver información sobre casi cualquier cosa hacia la que apunte la cámara del móvil (Kipper y Rampolla: 2013).

Partiendo de estas características, la realidad aumentada puede adaptarse a diferentes contextos o aproximaciones pedagógicas, como el aprendizaje constructivista, el aprendizaje localizado, el aprendizaje basado en juegos o el aprendizaje basado en la investigación (Bower et al: 2014). Enfocado al ámbito de la geografía, la realidad aumentada se adapta perfectamente a procesos de aprendizaje autónomo, pues, como señalan algunos autores, esta tecnología “permite a los estudiantes salir fuera del aula y proporciona una oportunidad para la investigación en cuestiones científicas con la ayuda de información virtual en el mundo real o con fenómenos reales” (Cheng y Tsai: 2013, 456).

Así, cruzando las herramientas de realidad aumentada basada en la localización y los modelos de aprendizaje móvil, cabe plantear sus posibilidades en el desarrollo de actividades de trabajo de campo geográfico, que, al menos en el campo teórico, parecen ser evidentes. No obstante, poner en marcha una actividad de estas características no resulta sencillo, como se detecta en algunos de los trabajos que han evaluado algunas iniciativas previas (Rasimah et al, 2011; Rosenbaum et al, 2006), pues existen limitaciones materiales, barreras técnicas y dificultades pedagógicas, que generan una inercia que sólo se rompe cuando los docentes creen “que esto puede ser beneficioso en la mejora pedagógica y entienden que las estrategias de enseñanza y aprendizaje son las más adecuadas para la materia que las utiliza” (Bower et al: 2014, 7).

4. USO DE LA REALIDAD AUMENTADA EN EL TRABAJO DE CAMPO: UNA EXPERIENCIA PRÁCTICA

Partiendo de este marco teórico y metodológico, a lo largo del curso 2014-2015 se ha desarrollado en el Departamento de Geografía de la Universidad de Valladolid un proyecto de innovación docente referido a “Utilización de herramientas de geolocalización y realidad aumentada para la docencia y la elaboración de materiales didácticos de geografía”. Uno de los principales objetivos de este proyecto ha sido

investigar, desde un punto de vista teórico y práctico, las posibilidades de la realidad aumentada en la docencia geográfica. Dentro de las distintas tareas realizadas, se ha experimentado de forma práctica el uso de realidad aumentada en el trabajo de campo de una asignatura del Grado en Geografía y Ordenación del Territorio, concretamente Ordenación del Territorio I, ubicada en el tercer curso del plan de estudios.

Hay que tener en cuenta, en cualquier caso, que se trata de una aproximación inicial a la tecnología de la realidad aumentada, en un proceso que pretende tener continuidad a lo largo de los próximos cursos con nuevas experiencias prácticas en el campo de la geografía. El objetivo básico de la experiencia ha sido el de poner en marcha una actividad basada en esta tecnología que tuviera un sentido dentro del proceso de aprendizaje, y que permitiera una primera aproximación a las potencialidades y dificultades que pueden tener, partiendo del análisis de otras experiencias prácticas similares.

En particular, la experiencia ha permitido avanzar en cuatro elementos, que se han considerado como fundamentos tecnológicos y pedagógicos básicos para un uso sistemático de la realidad aumentada en la docencia de la Geografía. En concreto, se ha realizado una evaluación acerca de las posibilidades tecnológicas existentes, tanto en lo referente a los navegadores de realidad aumentada como en cuanto a los dispositivos móviles que pueden ser utilizados. Asimismo, se ha profundizado en el diseño y representación de la información disponible a través de los navegadores de realidad aumentada, a partir de los denominados puntos de interés. Junto a estas cuestiones más técnicas, se ha diseñado una sencilla actividad de aprendizaje autónomo para los alumnos, que nos permitiera comprobar la facilidad o complejidad de uso de las herramientas y su adaptabilidad a la actividad docente. Finalmente, se ha procedido a evaluar la actividad, con el fin de obtener un feedback por parte de los alumnos que nos sirva para próximas tareas en los proyectos de innovación docente.

4.1. LAS HERRAMIENTAS DE LA REALIDAD AUMENTADA: LA DIVERSIDAD DE NAVEGADORES Y DISPOSITIVOS MÓVILES

A la hora de poner en marcha una experiencia de aprendizaje basada en la realidad aumentada, una de las primeras decisiones que se debía tomar era la selección de las herramientas que iban a utilizarse, dado que algunas fases posteriores, como la selección de puntos de interés o la información aumentada disponible dependían en buena medida de esta elección.

La experiencia se plantea con dos requisitos indispensables: las aplicaciones de realidad aumentada han de ser gratuitas y debe estar abierta al mayor número posible de plataformas y dispositivos. Partiendo de estos criterios, ha sido necesario analizar los diferentes navegadores de realidad aumentada disponibles en las plataformas de aplicaciones móviles más conocidas (App Store, Google Play, Tienda de Microsoft).

Aunque existen numerosas aplicaciones basadas en los principios de la realidad aumentada (Wang et al, 2013; Martínez, 2014; Prendes, 2015), se seleccionaron inicialmente tres navegadores por ser aquellos que se adaptaban mejor a los requerimientos planteados: Wikitude¹¹⁹, Layar¹²⁰ y Junaio¹²¹. No obstante, esta selección que reducida a los dos primeros navegadores tras la compra de Metaio por

¹¹⁹ <https://www.wikitude.com/>

¹²⁰ <https://www.layar.com/>

¹²¹ <http://www.junaio.com/>

parte de Apple en mayo de 2015, y la cancelación de las aplicaciones y las capas de realidad aumentada de Junaio a finales de este mismo año¹²².

	Wikitude	Layar	Junaio
Plataformas	iOS, Android, WP8	iOS, Android, Blackberry	iOS, Android
Coste	Gratis (con marca de agua)	Gratis (geo-layers)	Gratis (marca de agua)
R.A. basada en localización	Sí (Worlds)	Sí (Geo-layers)	Sí (location-based)
Lenguaje	KML, ARML	SQL, HTML	XML, AREL
Tipo de POIs	Puntos	Puntos, polígonos, polígonos 3D	Puntos
Información aumentada	Texto, links, imágenes, vídeo, audio, aplicaciones	Texto, links, imágenes, vídeo, audio, aplicaciones	Texto, links, imágenes, vídeo, audio, aplicaciones

Tabla 1. Características básicas de los navegadores de realidad aumentada analizados en el proyecto de innovación docente. Elaboración propia.

Como puede comprobarse en la tabla 1, los tres navegadores analizados cuentan con unas características básicas similares, y cumplen con los requisitos básicos establecidos. En particular, destaca su compatibilidad con las dos plataformas móviles más extendidas, como son Android e iOS, su adaptación a la realidad aumentada basada en la localización, su geometría basada en la ubicación de puntos de interés, y en el carácter multimedia de la información aumentada disponible para cada punto.

Partiendo de estas características comunes, las principales diferencias se encuentran en la forma en la que se definen los puntos de interés. Así, mientras en Wikitude los puntos se añaden a partir de la subida a la página de publicación de ficheros kml o arml, en Layar se necesita crear una base de datos (tipo MySQL) en la que se recoge toda la información referida a los puntos de interés y se conectan a través de una consola de publicación, a través de un proceso mucho más complejo. Más aún cuando algunas aplicaciones como Hoppala o PorPOIse, que facilitaban la creación y conexión de las bases de datos espaciales con el navegador de realidad aumentada han dejado de funcionar.

Otra diferencia entre los navegadores analizados estriba en el tipo de información representada en las capas de realidad virtual. Es común el uso de capas de puntos para la localización de la información aumentada (de ahí el nombre habitual de Puntos de Interés o POIs), pero Layar ofrece la posibilidad, dentro de las geo-layers, de representar la información a través de polígonos de dos o tres dimensiones, aspecto muy interesante y que permite una conexión más directa con el trabajo de los alumnos mediante sistemas de información geográfica. Sin embargo, hay que señalar que no se trata de un procedimiento sencillo, de tal forma que, para una experiencia inicial, hemos considerado más apropiada la utilización de capas básicas de puntos.

¹²² Apple buys German augmented-reality software maker Metaio.
<http://www.reuters.com/article/2015/05/29/us-apple-metaio-idUSKBN0OE1RO20150529>

El lenguaje en el que se generan las capas de puntos también varía entre unos navegadores y otros. Así, aunque el lenguaje básico de las aplicaciones es el XML, estas han realizado algunas modificaciones, de tal forma que Wikitude ha optado por los lenguajes KML (*Keyhole Markup Language*), presente en otras herramientas cartográficas como Google Earth y compatible con los sistemas de información geográfica más comunes como ArcGIS, QGIS o GVSIG, y ARML (*Augmented Reality Markup Language*), una variación del lenguaje anterior que “incluye etiquetas específicas de realidad aumentada que conectan para construir mundos más atractivos e interactivos” (Madden: 2011, 86), y que se ha promovido como un potencial estándar para esta tecnología. Por su parte, Layar utiliza la estructura de las bases de datos SQL para definir los campos necesarios para situar los puntos de interés, mientras el aspecto final en el navegador de realidad se modifica a través de etiquetas HTML.

Con estas características, y teniendo en cuenta que se trata de una experiencia piloto de uso, nos hemos decantado en el proyecto por el navegador de Wikitude, por ser el más sencillo a la hora de crear una capa de realidad aumentada, y por ser más sencillo la transferencia de información de los sistemas de información geográfica. No obstante, la posibilidad de crear capas de polígonos en Layar es una característica muy interesante a la hora de transferir información aumentada a puntos (polígonos) de interés.

En cuanto a los dispositivos empleados para el proyecto, la selección de herramienta realizada nos ha permitido trabajar con diferentes tipos de dispositivos móviles. Teniendo en cuenta las características del alumnado y los objetivos planteados para la actividad, se ha desechado el uso de tabletas, aun cuando son muy eficaces a la hora de mostrar las capas de realidad aumentada por el tamaño de su pantalla, puesto que al realizar trabajo de campo requería disponer de conexión a internet en ella (directamente o a través de tethering), y nos hemos centrado en el uso con los móviles. Todos los alumnos disponían de smartphone, siendo mayoritario el sistema operativo Android, a excepción de los que disponían de móviles con IOS. Aunque no ha sido necesario, también se disponía de dispositivos con Windows Phone, si bien no se visualizaban correctamente las capas en la aplicación de Wikitude.

4.2. UN APRENDIZAJE AUTÓNOMO APOYADO EN LA REALIDAD AUMENTADA: EVALUACIÓN DEL CONTEXTO TERRITORIAL DE LAS ÁREAS INDUSTRIALES EN EL ENTORNO DE VALLADOLID

La selección de las herramientas se ha coordinado con el diseño de la actividad de aprendizaje en la que se iba a emplear la realidad aumentada. Como señalamos anteriormente, esta experiencia se ha desarrollado en el contexto de la asignatura de Ordenación del Territorio I, establecida en el tercer curso del Grado en Geografía y Ordenación del Territorio de la Universidad de Valladolid. En esta actividad han participado 12 alumnos, lo que ha posibilitado un contacto directo y continuado a lo largo de toda su duración.

El objetivo de la actividad es la evaluación del contexto territorial de algunas áreas industriales existentes en el entorno de Valladolid, con el fin de reconocer los elementos del territorio que favorecen o penalizan el desarrollo de la actividad económica en estas áreas y, en definitiva, comprender los factores que influyen en la competitividad territorial.

El desarrollo de la actividad se ha realizado mediante trabajo en equipo, y ha constado de cinco fases consecutivas, detalladas a continuación:

1. Presentación en el aula de la actividad y análisis de las principales áreas industriales de Valladolid y su entorno.
2. Selección, por parte de los equipos, de las áreas que van a ser evaluadas; búsqueda de información y primer análisis territorial a partir de la información disponible en internet.
3. Trabajo de campo, aprovechando la aplicación de realidad aumentada. Contrastación del primer análisis e incorporación de nueva información obtenida directamente.
4. Elaboración de un informe estructurado, a partir del trabajo de campo y gabinete.
5. Presentación en el aula de los resultados obtenidos.

Para el desarrollo de la actividad, se diseñó un plano de Valladolid y su entorno (figura 2), en el que se localizan las principales áreas industriales de la ciudad y los municipios más próximos, así como otros elementos territoriales que hemos considerado importantes en el análisis de la localización de espacios, como vías de comunicación, núcleos urbanos, etc. Asimismo, este plano recoge los puntos en los que

puede realizarse de manera más eficaz el trabajo de campo aprovechando la realidad aumentada, localizados en miradores naturales de la ciudad y su ámbito más próximo. Esta selección se ha realizado con el objetivo de facilitar a los estudiantes la realización del trabajo de campo, limitando la duración de la actividad para no sobrecargar la agenda innecesariamente.

Cada equipo eligió un área de la ciudad, y, dentro de esta, seleccionó diferentes espacios productivos, con la premisa de que tuvieran características diferentes: espacios industriales tradicionales, grandes polígonos, áreas de borde de carreteras, polígonos sin desarrollar, futuros planes parciales industriales, etc. Con ello se pretende evaluar los diferentes requisitos y características que han tenido los polígonos industriales a lo largo de las últimas décadas y los distintos problemas espaciales que se generan en unos casos u otros.

Para su análisis, los alumnos cuentan con una selección básica de fuentes de investigación, fundamentalmente de carácter urbanística y territorial (PGOU, planes parciales, planes de infraestructuras, etc.), con el fin de que realicen, de forma conjunta, un primer análisis que permita preparar el trabajo de campo que van a realizar posteriormente.

La fase del trabajo de campo es la que ha exigido un mayor trabajo dentro de la actividad, por tres razones. En primer lugar, por la necesidad de adiestrarnos en el manejo de la aplicación de realidad aumentada. En segundo lugar, por las dificultades técnicas para seleccionar y diseñar los puntos de interés (POIs), base del trabajo de campo. Y, finalmente, por la exigencia de realizar un trabajo de campo previo para probar la aplicación y corregir algunas deficiencias que se apreciaron a primera vista.

Uno de los aspectos que consideramos más relevantes y que es fundamental en el desarrollo del trabajo ha sido la selección de los puntos de interés y la definición de la información disponible en el navegador de realidad aumentada para cada uno de estos puntos. Teniendo en cuenta el carácter piloto de la experiencia, se ha optado por simplificar la información disponible en los diferentes POIs, aunque se ha valorado la definición de campos con diferentes formatos, como textos, imágenes e hipervínculos.

Ahora bien, la forma en la que la aplicación muestra la información disponible ha condicionado la información disponible para cada punto. Así, aunque resultaba más sencillo exportar la información de los polígonos industriales desde el sistema de información geográfica al navegador en formato KML, la escasa capacidad personalización de este lenguaje en Wikitude nos ha llevado a modificar el código y depurarlo para convertirlo en formato ARML¹²³. Aunque buena parte de las etiquetas predefinidas no servían para el objetivo del trabajo (teléfono, dirección, email), sí han resultado útiles las referidas a imagen y enlace url.

De esta manera, los alumnos, desde cualquiera de los puntos de observación establecidos en el entorno urbano, pueden ver la situación de los polígonos industriales y seleccionar cualquiera de ellos para obtener información añadida (figura 3). Junto a información predefinida por Wikitude, como el mapa en Google Maps y el enlace al navegador para fijar la ruta (guíame allí), hemos añadido una captura del plano centrada en el polígono seleccionado, un pequeño texto descriptivo, y un enlace a un sitio web, que, en nuestro caso, es un Webmap elaborado en ArcGIS.com.

¹²³ Para una aproximación al lenguaje ARML, puede consultarse <http://openarml.org/wikitude4.html>.

Figura 3. Imagen con la capa de realidad aumentada, y ficha de uno de los POIs.
Elaboración propia.

Como se observa en las capturas de pantalla de la figura 4, al enlazar con el Webmap, los alumnos disponen de información complementaria para analizar el área de estudio en la fase de trabajo de campo. Se opta por esta aplicación por varias razones. Por un lado, porque permite aprovechar el trabajo realizado con la cartografía previamente, y únicamente hay que subir las capas creadas a la web. Por otro, porque se puede añadir numerosa información para ser utilizada, si se desea, en el trabajo de campo. Así, en nuestro mapa web los alumnos pueden ver geolocalizada toda la información urbanística disponible en el Sistema de Información Urbanística de Castilla y León (SIUCyL)¹²⁴, así como la información de las vías de comunicación, equipamientos, etc. Además, el Webmap permite generar vistas personalizadas para cada uno de los polígonos analizados, de tal forma que los alumnos pueden analizar rápidamente la información de cada área de estudio. Asimismo, la información cartográfica y estadística consultada puede ser compartida fácilmente, vía correo electrónico, página web, redes sociales, etc. Y, finalmente, es una herramienta que tiene un consumo de datos reducido, algo muy importante cuando los alumnos han de hacer uso de su tarifa de datos personal, y por lo que se han descartado otras opciones, como el enlace a documentos pdf, imágenes, etc.

¹²⁴ La información cartográfica sobre urbanismo disponible en el SIUCyL está en www.idecyl.jcyl.es/siucyl.

Figura núm 4. Webmap con información complementaria a la realidad aumentada. Elaboración propia.

4.3. EVALUACIÓN DE LA EXPERIENCIA: POTENCIALIDADES Y DIFICULTADES EN EL USO DE LA REALIDAD AUMENTADA

Además de contribuir a la adquisición de las competencias por parte de los alumnos, esta actividad se ha diseñado como un proyecto piloto que sirva para poner en marcha nuevas iniciativas de aprendizaje autónomo y móvil. Por ello, se ha prestado especial atención a su evaluación, con el objetivo de analizar los puntos positivos y negativos, tanto desde un punto de vista técnico como pedagógico. Para sintetizar los aspectos evaluados, podemos centrar las cuestiones en tres aspectos básicos: la evaluación por parte del profesorado, en cuanto a las ventajas y dificultades de su implementación, la valoración de las cuestiones técnicas por parte de los alumnos, y la evaluación en el contexto de la asignatura y del proceso de aprendizaje.

En cuanto a la primera de las dimensiones, hay que señalar que la puesta en marcha de la actividad ha supuesto un considerable esfuerzo, tanto en el diseño como, sobre todo, en la implementación técnica. En cuanto al diseño, ha resultado complejo elaborar una actividad que, pensada para el aprendizaje autónomo, tuviera una duración determinada en el contexto del curso, y se adaptara a la adquisición de competencias, aunque esta discusión no ha sido muy diferente a la que se genera con la puesta en marcha de cualquier nueva actividad. Más relevantes han sido las cuestiones de carácter técnico. El principal problema ha sido la dificultad para adecuar el contenido de la actividad a las características del navegador de realidad aumentada. Aunque la elección de Wikitude parece adecuada por su sencillez, existen pocas opciones en el navegador para adaptar la visualización de información al trabajo geográfico. En particular, la imposibilidad de marcar polígonos como áreas de realidad aumentada y de personalizar el marcador de los POIs suponen un inconveniente formal a tener en cuenta. Y, como se aprecia en la figura 3, los marcadores en ocasiones flotan sobre la imagen y no representan la posición exacta de los polígonos, lo cual dificulta la selección de estos. Además, no ha sido posible exportar la información en un formato adecuado desde el SIG hasta el navegador de realidad aumentada. Esto ha supuesto la necesidad de depurar todo el código KML generado a ARML, exigiendo numerosos cambios para cada uno de los POIs. No obstante, el trabajo realizado también ha permitido generar rutinas que

han ido facilitando progresivamente el trabajo y la revisión de las capas de una forma cada vez más rápida.

Otra cuestión que ha surgido a lo largo de la actividad hace referencia a las diferencias surgidas por los dispositivos móviles utilizados. Aunque se ha empleado una aplicación optimizada para diferentes sistemas operativos y tamaños, la realidad es que algunos alumnos tenían serios problemas para usar de forma adecuada el navegador de realidad aumentada, bien por tener un móvil relativamente antiguo, con problemas de rendimiento, bien, sobre todo, por la necesidad de contar con una pantalla de dimensiones lo más generosas posibles. Finalmente, hay que señalar que este tipo de actividad supone un importante esfuerzo en materia de tutorización y seguimiento del trabajo autónomo, aunque la reducida dimensión del grupo y el apoyo del equipo del proyecto de innovación docente han facilitado esta labor.

En cuanto a la evaluación por parte de los alumnos, esta se ha llevado a cabo, junto al feedback continuo durante la realización de la actividad, a través de una encuesta que han contestado al finalizar la experiencia. La figura 5 recoge una selección de las respuestas dadas, en relación con la asignatura, desde un punto de vista técnico, y en el contexto de la docencia del Grado.

Figura 5. Selección de resultados de la encuesta realizados a los alumnos (1: Nada de acuerdo; 5: Totalmente de acuerdo). Elaboración propia.

Como puede comprobarse, la valoración en general ha sido muy positiva, valorando un carácter más innovador y atractivo. Asimismo, han indicado que esta actividad ha potenciado un aprendizaje autónomo, y no guiado por el profesor. No obstante, también se hace referencia a problemas en cuanto al esfuerzo que ha supuesto en tiempo, con una duración mayor de la prevista, y se plantean dudas en cuanto a su capacidad para desarrollar el aprendizaje por competencias.

En cuanto a las cuestiones técnicas, la mayoría de los alumnos no han tenido problemas a la hora de usar la aplicación de Wikitude, aunque con excepciones. De igual forma, los alumnos han puesto de manifiesto los problemas técnicos de algunos terminales para desarrollar la actividad, así como las limitaciones por pantallas reducidas y por las tarifas de datos reducidas con las que algunos cuentan. Las respuestas más negativas se recogen precisamente en el uso de la aplicación,

complicado en un número significativo de dispositivos Finalmente, han valorado positivamente la labor de tutorización por parte del profesorado.

Por último, en cuanto a cuestiones más generales, los alumnos perciben que este tipo de herramientas puede ser muy útil para el trabajo geográfico, sobre todo fuera del aula, además de indicar que podría ser utilizada en otras asignaturas. No obstante, no tienen tan claro que haya que estudiar el empleo de esta herramienta dentro del Grado.

5. CONCLUSIONES

La experiencia realizada en el proyecto de innovación docente ha corroborado en buena medida las hipótesis planteadas en cuanto a las posibilidades que una tecnología como la realidad aumentada pueden abrir en la docencia de una materia como la geografía, y, particularmente, a la hora de poner en marcha procesos de aprendizaje móvil. La valoración tanto por parte del profesorado que ha participado en la experiencia como de los alumnos ponen de manifiesto numerosos aspectos positivos, más allá del efecto novedad que también se ha detectado.

No obstante, también hay que tener en cuenta algunas de las dificultades detectadas, tanto en el diseño de la actividad, como en la aplicación práctica por parte de los alumnos. La complejidad en el diseño de canales de realidad aumentada con información relevante, el esfuerzo que supone en tiempo, en relación con los objetivos que puedan alcanzar con una actividad así, y las dificultades surgidas por las diferencias técnicas entre unos alumnos y otros son aspectos a valorar a la hora de iniciar una actividad así. En cualquier caso, estamos ante una tecnología incipiente, que está evolucionando a gran velocidad y que tiene en unos dispositivos móviles totalmente extendidos y cada vez más potentes su mejor herramienta, por lo que sus capacidades y sus posibilidades para el uso docente en la geografía van a ser cada vez mayores.

6. BIBLIOGRAFÍA

Arranz, A., López, C., Salinas, C., Zúñiga, M., Montorio, R., y Pueyo, Á., 2013. “El potencial de Google Earth aplicado al análisis espacial en geografía”. De Miguel, R.; de Lázaro, M^aL.; y Marrón, M^aJ. (coord.). *Innovación en la enseñanza de la geografía ante los desafíos sociales y territoriales*. Institución Fernando el Católico, pp.179-194,

Azuma, R. T., 1997. “A survey of augmented reality”. *Presence*, vol. 6(4), pp. 355-385.

Bower, M., et al., 2014. “Augmented reality in education—cases, places and potentials”. *Educational Media International*, vol. 51(1), pp. 1-15.

Burns, S. M., y Lohenry, K., 2010. “Cellular phone use in class: Implications for teaching and learning a pilot study”. *College Student Journal*, vol. 44(3), 805.

Cheng, K., y Tsai, C., 2013. “Affordances of augmented reality in science learning: Suggestions for future research”. *Journal of Science Education and Technology*, vol. 22(4), pp. 449-462.

Cochrane, T. D., 2010. “Exploring mobile learning success factors”. *Research in Learning Technology*, vol. 18(2), pp. 133-148.

De Pedro, J., 2011. “Realidad aumentada: Un nuevo paradigma en la educación superior”. *Congreso Iberoamericano Educación y Sociedad*, pp. 300-307.

Dunleavy, M., Dede, C., y Mitchell, R., 2009. "Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning". *Journal of Science Education and Technology*, vol. 18(1), pp. 7-22.

Fombona, J., Pascual, M. Á., y Madeira, M.F., 2012. "Realidad aumentada, una evolución de las aplicaciones de los dispositivos móviles". *Pixel-Bit*, núm. 41, pp. 197-210.

Goodchild, M. F., 2008. "The use cases of digital earth". *International Journal of Digital Earth*, vol. 1, núm. 1, pp. 31-42.

Gould, M., 2008. "El papel de las IDE en los futuros globos virtuales", en http://www.idce.es/resources/presentaciones/JIDEE08/ARTICULOS_JIDEE2008/Articulo71.pdf

Hägerstrand, T., 1967. "The computer and the geographer". *Transactions of the Institute of British Geographers*, núm. 42, pp. 1-19.

Haggett, P., 1969. "On geographical research in a computer environment". *The Geographical Journal*, vol. 135(4), pp. 497-507.

Kearney, M., Schuck, S., Burden, K., y Aubusson, P., 2012. "Viewing mobile learning from a pedagogical perspective". *Research in learning technology*, vol. 20.

Kipper, G., y Rampolla, J., 2012. *Augmented Reality: an emerging technologies guide to AR*. Elsevier, 158 p.

Laurillard, D., 2007. "Pedagogical forms of mobile learning: framing research questions", en Pachler, N. (ed). *Mobile learning: towards a research agenda*. London: WLE Centre, pp. 153-175.

Lens-Fitzgerald, M. 2009. "Augmented Reality Hype Cycle". Recuperado de <http://www.sprxmobile.com/the-augmented-realityhype-cycle>.

Luque Revuelto, R.M., 2011. "El uso de la cartografía y la imagen digital como recurso didáctico en la enseñanza secundaria. Algunas precisiones en torno a Google Earth". *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, núm. 55, pp. 183-210.

MacEachren, A.M., y Kraak, M.J., 2001. "Research challenges in geovisualization". *Cartography and Geographic Information Science*, vol. 28(1), pp. 3-12.

Madden, L., 2011. *Professional augmented reality browsers for smartphones: programming for junaio, layar and wiktude*. John Wiley & Sons, 334 p.

Medzini, A., Meishar-Tal, H., y Sneh, Y., 2015. "Use of mobile technologies as support tools for geography field trips". *International Research in Geographical and Environmental Education*, vol. 24(1), pp. 13-23.

Milgram, P., y Kishino, F., 1994. "A taxonomy of mixed reality visual displays". *IEICE Transactions on Information and Systems*, vol. 77(12), pp. 1321-1329.

Patterson, T. C., 2007. "Google Earth as a (not just) geography education tool". *Journal of Geography*, vol. 106(4), pp. 145-152.

Prendes, C., 2015. "Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas". *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, núm. 46, pp. 187-203.

Radu, I., 2014. "Augmented reality in education: A meta-review and cross-media analysis". *Personal and Ubiquitous Computing*, vol. 18(6), pp. 1.533-1.543.

Rasimah, C. M. Y., Ahmad, A., y Zaman, H. B., 2011. "Evaluation of user acceptance of mixed reality technology". *Australasian Journal of Educational Technology*, vol. 27(8), pp. 1.369-1.387.

Rosenbaum, E., Klopfer, E., y Perry, J., 2007. "On location learning: Authentic applied science with networked augmented realities". *Journal of Science Education and Technology*, vol. 16(1), pp. 31-45.

Sobrino, D., 2013. "La didáctica del paisaje de Nueva Zelanda a través de Google Earth". Varela Tembra, J.J. (ed). *Winds of New Zealand*, pp. 161-198.

Sui, D., y Morrill, R., 2004. "Computers and geography: from automated geography to digital earth". Brunn, S.D.; Cutter, S.L. y Harrington, J.W. (eds.). *Geography and Technology*, Kluwer Academic Publishers, pp. 81-108.

Wang, X. et al., 2013. "Augmented reality in built environment: Classification and implications for future research". *Automation in Construction*, vol. 32(0), pp. 1-13.

Wu, H., Lee, S. W., Chang, H., y Liang, J., 2013. "Current status, opportunities and challenges of augmented reality in education". *Computers & Education*, vol. 62, pp. 41-49.

Yuen, S., Yaoyuneyong, G., y Johnson, E., 2011. "Augmented reality: An overview and five directions for AR in education". *Journal of Educational Technology Development and Exchange*, vol. 4(1), pp. 119-140.