

Realidad Aumentada, nueva forma de construir el conocimiento. Análisis documental y ensayo de aplicaciones.

Javier Fombona, María Angeles Pascual y Esteban Vázquez-Cano

Title—Augmented Reality, a new way of building knowledge. Bibliographic analysis and apps testing.

Abstract— Augmented Reality (RA) combines real and digital image, and it is becoming a new immersive source to provide data building people's knowledge. The research analyses its real possibilities, through a bibliometric analysis carried out on recent research, and a descriptive essay on the characteristics of 100 RA Apps. The results conclude several emerging lines, different user profiles and the most suitable areas for these techniques, the emergence of new immersive methodologies, and their different perspectives. The empirical descriptive essay reveals the limitations that these technologies really offer in the structured construction of knowledge.

Index Terms— Augmented Reality, ICT, Mobile devices, Ubiquitous learning, Geolocation.

I. INTRODUCCIÓN

El centro educativo parece ceder su protagonismo en los procesos de construcción del conocimiento debido a la acción de nuevos modelos transmisores de cultura. La evolución tecnológica modifica la forma de acceder a los datos y al conocimiento sobre las cosas, más específicamente, los dispositivos móviles digitales se han convertido en los soportes más difundidos y eficaces en la gestión de información entre los ciudadanos [1]. En todo caso, los procedimientos de enseñanza y aprendizaje están siendo complementados por otras potentes estrategias, con efectos cuali y cuantitativos. Un caso especialmente atractivo son los equipos de telefonía móvil y sus desarrollos relacionados con escenarios digitales virtuales y semi-virtuales, como la Realidad Aumentada (RA), que combina las imágenes de la realidad con información digital simultánea y complementaria [2]. La RA se superpone a una imagen o video, y puede ser información creada a partir de datos almacenados previamente en el aparato o generada a partir de enlaces con Internet. Imagen real y digital permanecen solidarias a partir de alguna referencia de

figuras que registra el dispositivo, normalmente un teléfono inteligente, o Smartphone con cámara fotográfica.

El origen de la RA no es claro al no poder determinarse cuándo se empieza a mezclar datos digitales sobre la imagen de la realidad. Cabero y Barroso [3] datan su origen en 1962 momento en el que un sistema de proyección cinematográfica, Sensorama, logra sumar a la experiencia icónica una visión estereoscópica 3D. La RA evolucionó rápidamente y se ampliaron las opciones de interacción con el mundo real, con las consultas a Internet en línea, con superposiciones no sólo de textos, sino de gráficos en 2D o 3D [4]. También pueden incluir datos de Geolocalización, y se identifica la posición del equipo en el espacio real a través de las referencias GPS o Sistema de Posicionamiento Global [5].

El inicio y la naturaleza formativa de esta tecnología se relacionan con las sofisticadas actividades de enseñanza para pilotos de aviación de combate que necesitaban superponer imágenes del tablero de mandos sobre su visión de la realidad aérea. Pero rápidamente estas tecnologías se difundieron entre la juventud dado su potencial en el juego inmersivo. Desde el ámbito editorial se están empezando a aprovechar estas técnicas por su potencial ilustrador, pero sobre todo, por su universal difusión y el propio atractivo de los dispositivos móviles [6].

Los estudios sobre el impacto real de estas tecnologías no están consolidados en el tiempo, ya que los desarrollos técnicos son veloces modificando sus variables [7]. Por ello son precisas las constantes revisiones de la literatura científica relacionada, y clarificar el estado de la cuestión y las tendencias fundamentales del fenómeno. En este sentido, resultan de interés los análisis de la producción científica publicados sobre las primeras investigaciones realizadas [8] y las áreas de trabajo relevantes [9]. Más específicamente, cabe resaltar los análisis sobre la influencia positiva de la RA en la educación [10] [11].

II. OBJETIVOS

Dado el dinamismo del fenómeno, la emergencia de nuevas características y cierta ausencia de estudios sobre las opciones reales de estas aplicaciones, los objetivos en este trabajo de investigación se han centrado en analizar el potencial real de la Realidad Aumentada en educación. Y se concretan en los siguientes retos: 1, documentar el estado de la cuestión y especificar niveles y áreas temáticas de

Javier Fombona, Universidad de Oviedo, Oviedo, España (fombona@uniovi.es).

(<https://orcid.org/0000-0001-5625-5588>)

María Angeles Pascual, Universidad de Oviedo, Oviedo, España (apascual@uniovi.es).

(<https://orcid.org/0000-0001-6942-6198>)

Esteban Vázquez-Cano, UNED, Madrid, España (evazquez@edu.uned.es)

(<https://orcid.org/0000-0002-6694-7948>)

implementación de los desarrollos de RA. Y 2, identificar los rasgos y opciones educativas reales que tienen estas aplicaciones. Un objetivo subsiguiente consiste en generar información validada transferible a la sociedad como lugar natural de impacto de los resultados de investigación.

Para lograr estos objetivos este trabajo plantea el diseño metodológico, un análisis de resultados cuantitativos y cualitativos derivados de la revisión documental, y un análisis descriptivos de las aplicaciones ensayados. Ambas perspectivas, estudio bibliográfico y práctica del software, son confrontadas, y las conclusiones muestran los principales resultados.

III. MÉTODO

Este trabajo es derivado de la investigación concluida en 2019 y desarrollado en las Facultades de Educación de las universidades de Oviedo, Jaén, Granada, y la colaboración de la UNED de Madrid. Para dar respuesta al problema de investigación sobre el análisis del potencial educativo de los desarrollos de RA se ha planteado un diseño en 2 fases, una primera de exhaustivo análisis documental sobre la temática; y una segunda de ensayo de una muestra de este software, bajo un planteamiento descriptivo, con predominio de lo cualitativo sobre lo cuantitativo. Esto generará procesos de triangulación entre ambos resultados, complementarios al estado de la cuestión, permitirán analizar las confluencias, y cuyo tamiz de análisis de datos dará respuesta a los retos planteados en los objetivos. Las fases indicadas son:

1ª Fase, es un exhaustivo análisis del estado de la cuestión, una exploración descriptiva documental en base al análisis de registros de experiencias científicas con dispositivos móviles y RA, publicadas a nivel internacional. Para ello se realiza una búsqueda de términos relacionados en las bases de datos WoS y Scopus, y un posterior análisis de contenidos de cada registro con el programa Aquad 6.

2ª Fase, consiste en un ensayo descriptivo basado en prácticas empíricas sobre una muestra de software de RA y la cuantificación de sus dimensiones dentro de una rúbrica con el apoyo del programa de análisis estadístico IBM SPSS Statistics 24.0.

En la 1ª fase de exploración documental, el diseño se planteó una revisión de investigaciones, trabajos científicos, comunicaciones y ponencias presentadas en congresos y conferencias relevantes e indexadas, según los criterios de selección Web of Science (WoS) y Scopus. El planteamiento cualitativo, y orientado a conocer en detalle los temas investigados recientemente sigue un análisis de contenido de los resúmenes de esos registros. WoS y Scopus tienen herramientas que permiten agrupar y clasificar esos datos por campos específicos. Se ha decidido buscar el descriptor fundamental Augmented Reality según su denominación en inglés, dado que es el utilizado preferentemente en las formas y registros. Se han considerado dos grados de implicación temática: Tema (topic) y Título (title). Esto es, por un lado se cuantifican aquellos registros relacionados con el tema de varias maneras y con distintos grados de profundización, bien sea incluyendo el término en el título o en el resumen o en las palabras descriptores. Por otro lado, los registros donde los términos clave fueran nucleares en el trabajo y estuvieran en el título.

El caso de WoS consta de un universo de más de 12.000 revistas y 148.000 actas de conferencias agrupadas en Ciencias, Ciencias Sociales, así como Artes y Humanidades. Actualmente WoS agrupa citas científicas indexadas por Thomson Reuters en un servicio que proporciona una búsqueda de citas, dando acceso a múltiples bases de datos que hacen referencia a la investigación interdisciplinaria, y permiten la exploración en profundidad de sub-campos especializados dentro de una disciplina académica. Cabe indicar que este universo de estudio se sitúa en un contexto anglosajón, así su sede está en EEUU, sin embargo, contiene revistas de todo el mundo y su participación es global.

Por otro lado, Scopus, entidad dependiente de Elsevier, se presenta también como una potente base científica, almacenando 50 millones de registros, 21.000 títulos y 5.000 editoriales. Scopus incorpora en sus resultados de búsqueda 545 millones de resultados científicos en la red y 25,2 millones de patentes de cinco oficinas de patentes. El proceso de selección de los manuscritos sigue los criterios determinados por Scopus en la gestión documental científica, como referente de clasificación y muestra de artículos y capítulos publicados en un campo específico [12] [8]. La base de documentos Scopus cuantifica el impacto de sus referencias a través del Scopus Journal (SJM) y del SCImago Journal Rank (SJR).

TABLA 1
NÚMERO DE REGISTROS.

Dimensiones totales de registros hasta 2016	Nº documentos como título, resumen o palabras clave	Nº documentos incluido en el título
WoS	12.564	5.300
Scopus	16.392	6.410
Periodo 2015-2016	Nº documentos como título, resumen o palabras clave	Nº documentos incluido en el título
WoS	3.384	1.438
Scopus	3.929	1615

Las características del total de producción/población hacen referencia al global de registros en la literatura científica dentro del repertorio de WoS All Databases y Scopus, que engloba todas sus colecciones, e incluye los términos citados. Los registros totales hasta la fecha de 2016 sobre Augmented Reality aparecen en Tabla 1.

El término Augmented Reality en WoS hasta 2016 reúne un total de 12.564 registros donde aparece como Tema/Topic del texto, mientras que alcanza 5.300 ocasiones en las que se incluye en el título del documento. En Scopus este término arroja un total de 22.802 registros donde aparece la Realidad Aumentada como título o como parte importante del documento, esto es como descriptor o keyword del texto, o Resumen/Abstract, o Título/Title. Estas cantidades elevadas obligan a restringir el censo del repositorio y considerar un muestreo por conveniencia científica sólo un sobre un espacio temporal dado. Esto es, se ha optado por una elección muestral parcializada temporalmente dentro de la tipología intencional donde se escogen las unidades a analizar siguiendo criterios de conveniencia para los objetivos, en casos específicos por riqueza de información elegida [13]. Por ello, y con el interés de recoger la producción científica relativamente reciente, la referencia ha sido la variable “registros realizados en el periodo temporal desde 1 de enero de 2015 hasta 31 de diciembre de 2016”. Se ha elegido una muestra

en este tiempo dado que acepciones pasadas sobre la tecnología poseen un elevado riesgo de caducidad teórica y práctica. Por otro lado la razón para elegir este período de tiempo ha sido la abundante investigación desarrollada en estos dos años tal y como afirman Akçayır y Akçayır [14] y la escasa producción precedente.

La limitación a estos dos años 2015-2016 ha permitido trabajar con unas cifras de registros más asequibles (Tabla 1). El término RA es abordado en 3.929 registros para el periodo analizado en Scopus y 3.384 en WoS, y específicamente aparece como núcleo del trabajo en 1.615 registros en Scopus y en 1.438 en WoS, al situar estas palabras en su título. Es importante indicar el hecho de que el grupo total de registros aún tenga una elevada dimensión, esto viene a justificar la opción de una selección de registros que se reiteran en ambas bases de datos siguiendo el esquema [registros RA \cap registros WoS \cap registros periodo 2015-2016] \cap [registros Scopus \cap registros RA \cap registros periodo 2015-2016]. Dado que los números son elevados se ha elegido una muestra aleatoria representativa del 5% de registros dentro de la muestra por conveniencia por fechas, descartando aquellos casos repetidos, donde para un trabajo con un margen de error del 10%, un nivel de confianza del 95%, y una distribución de respuesta del 50%. Esto nos ha generado una muestra a analizar de 365 documentos con los descriptores en el título, resumen o palabras clave, y 152 documentos con los descriptores incluidos en el título, no repetidos en ambas categorías. En síntesis, de los universos de cientos de miles de registros de WoS y Scopus se selecciona la población de documentos que tienen los descriptores indicados, y de esa cantidad se sigue el criterio de conveniencia para elegir las informaciones de los años 2015 y 2016, de donde se ha trabajado con los registros que se reiteran en de ambas bases de datos, haciendo una selección aleatoria de 517 casos de las categorías de registros en el título y en la temática, relacionados con RA.

En el análisis descriptivo del funcionamiento de los desarrollos de RA, el estudio elige una muestra aleatoria sobre la que se aplica un instrumento de cuantificación de valores en las variables del software. Esto permite categorizar los rasgos fundamentales de estas herramientas y su utilidad en el proceso de enseñanza y aprendizaje. La muestra se selecciona entre los dos sistemas más importantes, Android y iOS, con más de 1.400.000 aplicaciones tanto para la plataforma App Store de Apple [15] como para Android [16]. Se ha considerado como rasgo vinculado con la información las características educativas, así Android, es el sistema operativo de mayor implantación en Europa, ofrece 55.800 aplicaciones educativas. Muchas de estas aplicaciones, APPs, son creadas por los propios usuarios, aunque rápidamente surgen versiones del mismo programa para la plataforma Apple iOS.

Sobre la amplia población antes indicada se selecciona una muestra de software RA para dispositivos móviles, susceptible de poder aplicar los instrumentos de investigación que permita diferenciar los rasgos fundamentales. Ante una cantidad global tan importante y cambiante se hace necesario establecer criterios sólidos para elegir los componentes de esta muestra. Por ello, la muestra se ha elegido por intencionalidad técnica con una selección de 100 aplicaciones basadas en RA educativas. Cada

aplicación es ensayada doblemente por los estudiantes de las universidades citadas. Con ello se intenta destacar los rasgos que hacen de estas herramientas un elemento con posibilidades en la construcción del conocimiento estructurado, y para ello se realiza un análisis descriptivo del funcionamiento de las distintas aplicaciones.

Se aplica un cuestionario con ítems dicotómicos en el que se anotan los resultados tras ensayar la aplicación correspondiente. La aplicación se realizó por estudiantes de las facultades de Educación de las universidades antes citadas. La validez del instrumento se ha cotejado con el cuestionario patentado Marca M-3502443 Maudimo (Madrid, España). Además de los datos identificativos iniciales, se recogen 21 rasgos, siendo los 3 últimos los que acotan las características de la tecnología RA, y queda configurado de la siguiente forma:

- DATOS IDENTIFICATIVOS DEL SOFTWARE
- Ítems / Nombre de la aplicación / Versión evaluada / URL de la aplicación
- 1) Precio de la aplicación
 - 2) Nivel de dificultad en la instalación y puesta en funcionamiento (escala 1 Automática y no requiere apenas manipulación, a 5 Complicada y requiere manipulación de usuario experto)
 - 3) Tamaño de la aplicación (Megas o Gigas)
 - 4) Idioma
 - 5) Edad recomendada
 - 6) Área temática
 - 7) Tipo de uso (individual, gran grupo, pequeño grupo, de interacción on-line con otros usuarios y/o redes sociales).
 - 8) Se especifican los objetivos de las actividades.
 - 9) Ofrece distintos niveles de dificultad según una evaluación inicial.
 - 10) Presenta opciones para personas con alguna discapacidad.
 - 11) Presenta diferentes actividades sobre un mismo concepto.
 - 12) Sigue una estructura de tutorial explicativo.
 - 13) Sigue una estructura de un simulador.
 - 14) Presenta un orden lógico y secuencial de las actividades.
 - 15) Las actividades se presentan aleatoriamente sin un orden lineal.
 - 16) Posee material complementario de apoyo
 - 17) Tipo de presentación de la información:
 - 17.1.- Se centra en mostrar imágenes.
 - 17.2.- Se centra en mostrar textos.
 - 17.3.- Se centra en mostrar números.
 - 17.4.- Nivel de colaboración.
 - 18) Presenta evaluación de resultados finales.
- Realidad Aumentada**
- 19) Conexión a Internet para funcionar:
 - 19.1.- No es necesaria la conexión una vez descargada la aplicación.
 - 19.2.- Si es necesario para que funcione.
 - 20) La superposición datos de Realidad Aumentada sobre la imagen es:
 - 20.1.- Imagen fija.
 - 20.2.- Animación.
 - 20.3.- Un video de imagen.
 - 20.4.- Lleva audio incorporado.
 - 21) Se dispara la información gracias a:
 - 21.1.- Un QR.
 - 21.2.- Una imagen patrón TAG específico de disparo.
 - 21.3.- Una geoposición GPS.
 - 21.4.- Un logo o similar.
 - 21.5.- Un patrón creado en el momento para el programa

El análisis de la rúbrica para la evaluación del software RA se planteó desde una dimensión cualitativa (el diseño del ítem) y cuantitativa (la cuantificación y representatividad sobre el conjunto). Esta perspectiva sitúa el estudio en un espacio metodológico en el que la descripción cualitativa y el dato cuantitativo mantienen una estrecha relación, necesaria para abordar la validez de contenido en dichos estudios [17], [18], [19]. Para ello, se utilizaron diversas estrategias con el fin de, no sólo depurar los ítems y eliminar los menos representativos, sino de obtener un instrumento con buenas características psicométricas. En este sentido, la rúbrica de evaluación se sometió a un triple procedimiento

de evaluación por juicio de 15 expertos conforme a las pruebas de Aiken [20], Razón de Validez de Contenido de Lawshe [21] y coeficiente de congruencia de Osterling [22]. En la Tabla 2, mostramos los resultados de las tres pruebas para la conformación de la rúbrica final con los resultados estadísticos Aiken y Lawshe que validan el contenido de cada ítem, y la congruencia Osterling que los relaciona con los objetivos. Los valores ofrecen las garantías de validez y suficiencia para considerar los rasgos analizados.

TABLA 2
CÁLCULO DE LA FIABILIDAD DE LA RÚBRICA. AIKEN [17], LAWSHE [18], OSTERLIND [19].

Ítems	V de Aiken	Lawshe	Ijk' N= 15
1	0.96	0.93	0.92
2	0.91	0.84	0.86
3	0.93	0.83	0.82
4	0.89	0.84	0.85
5	0.91	0.83	0.93
6	0.94	0.85	0.87
7	0.88	0.89	0.85
8	0.92	0.85	0.95
9	0.93	0.90	0.86
10	0.89	0.84	0.95
11	0.87	0.96	0.91
12	0.91	0.93	0.86
13	0.85	0.92	0.89
14	0.83	0.89	0.86
15	0.85	0.90	0.85
16	0.89	0.88	0.87
17.1	0.95	0.92	0.85
17.2	0.89	0.96	0.89
17.3	0.85	0.87	0.95
17.4	0.85	0.93	0.84
18	0.93	0.91	0.90
19.1	0.83	0.90	0.87
19.2	0.89	0.84	0.86
20.1	0.96	0.95	0.90
20.2	0.89	0.95	0.84
20.3	0.85	0.88	0.86
20.4	0.96	0.92	0.85
21.1	0.87	0.83	0.87
21.2	0.92	0.91	0.89
21.3	0.83	0.90	0.89
21.4	0.85	0.92	0.84
21.5	0.90	0.88	0.87

IV. RESULTADOS CUANTITATIVOS ANÁLISIS DOCUMENTAL

En la Tabla 3 se muestran las cantidades y tipos de trabajos científicos donde aparecen los términos como descriptores o como partes integrantes del título del documento en WoS. Los casos pueden estar clasificados en varias categorías de manera simultánea, por lo que la suma global puede superar la cantidad n.

TABLA 3
TIPOLOGÍA DE DOCUMENTOS EN EL PERIODO ANALIZADO EN WOS.

Tipo de documento	Augmented Reality	
	Nº documentos en el título, resumen o palabras clave	%
Tipo de documento	n=3.384	
Artículo	1516	44.80
Comunicación/ponencia	2065	61.02
Revisión	77	2.27
Resumen	24	0.70
Libro	54	1.59
Otros	145	4.28

Tipo de documento	Augmented Reality	
	Nº documentos en el título	%
Tipo de documento	n=1438	
Artículo	624	43.39
Comunicación/ponencia	879	61.12
Revisión	14	0.97
Resumen	15	1.04
Libro	22	1.52

En Tabla 4 se detallan las cantidades de documentos con los términos analizados distribuidos por las áreas temáticas del repositorio WoS. En este caso, también los registros pueden estar asociados simultáneamente a varias áreas.

TABLA 4
TEMÁTICAS DE LOS DOCUMENTOS EN EL PERIODO ANALIZADO EN WOS.

Temáticas del repositorio WoS	Augmented Reality	
	Nº documentos en título, resumen o palabras clave	Nº documentos incluido en el título
Ciencias Sociales	755	319
Ciencia Tecnológica	1.888	811
Cómputo e Ingenierías	1.694	726
Ciencias Físicas	302	174
Biomedicina	464	105
Artes y Humanidades	158	66

Podemos observar el detalle cuantitativo pormenorizado en número absoluto de documentos que incluyen Augmented Reality en los títulos de los registros, y en el periodo analizado en esta investigación (Tabla 5).

TABLA 5
ÁREAS Y Nº DE DOCUMENTOS TITULADOS CON LOS TÉRMINOS CLAVE EN WOS.

Documentos titulados Augmented Reality	
Acústica (10)	Historia y Filosofía(1)
Administración Pública (3)	Informática (604)
Anatomía Morfología (6)	Informática Médica (5)
Arqueología (3)	Ingeniería (366)
Arquitectura (13)	Inmunología (1)
Arte (8)	Instrumentos (56)
Arte Humanidades (41)	Investigación Medicina Experimental (5)
Biofísica (4)	Literatura (1)
Biología Celular (1)	Matemáticas (43)
Biología Computacional (64)	Medicina Interna General (5)
Biología del Desarrollo (1)	Medicina Legal (1)
Biología Reproductiva (1)	Meteorología CCs Atmosféricas (1)
Bioquímica Biología Molecular (3)	Neurociencias Neurología (25)
Ciencia de la imagen (59)	Nutrición Dietética (1)
Ciencia de la información y bibliotecas (17)	Obstetricia Ginecología (1)
Ciencia de los Materiales (19)	Oceanografía (1)
Ciencia Tecnología (28)	Odontología Cirugía Oral (6)
Ciencias Ambientales Ecología (5)	Oftalmología (5)
Ciencias de la Gestión (7)	Oncología (9)
CCs de la Vida Biomedicina (6)	Óptica (35)
Ciencias del Comportamiento (25)	Ortopedia (4)
Ciencias del Deporte (3)	Otorrinolaringología (1)
Ciencias físicas Otros temas (4)	Patología (3)
Ciencias Sociales (20)	Pediatría (8)
Cirugía (57)	Película Radio Televisión (5)
Combustibles energéticos (2)	Psicología (32)
Comunicación (122)	Psiquiatría (8)
Construcción Tecnología (9)	Química (10)
Cristalografía (1)	Radiología Medicina Nuclear (58)
Economía Empresarial (35)	Recursos Hídricos (2)
Educación e Investigación (148)	Rehabilitación (7)
Electroquímica (2)	Relaciones Internacionales (1)
Endocrinología Metabolismo (1)	Robótica (49)
Enfermería (2)	Servicios de Ciencias de la Salud (8)
Espectroscopia (1)	Sistema Cardiovascular (4)
Estudios Culturales (1)	Sistema respiratorio (1)
Farmacología Farmacia (3)	Sistemas de control y automatización (55)
Física (26)	Sociología (5)
Fisiología (1)	Tecnología Laboratorio Médico (11)
Gastroenterología Hepatología (7)	Telecomunicaciones (61)
Geografía (5)	Teledetección (10)
Geografía física (7)	Termodinámica (1)
Geología (7)	Transporte (19)
Geoquímica Geofísica (1)	Urología Nefrología (7)
Geriatría Gerontología (8)	Zoología (2)
Historia (1)	

Aquí detectamos cómo resalta el fuerte enlace de estos términos con el área de Educación e Investigación, así como los entornos de la Medicina y la Ingeniería.

Las cantidades y tipos de trabajos científicos en Scopus

(Tabla 6) diferencian los documentos con los términos analizados distribuidos por las principales áreas temáticas del repositorio. En este caso los registros pueden también estar asociados simultáneamente a varias áreas.

TABLA 6
TIPOLOGÍA Y TEMÁTICAS DE DOCUMENTOS EN EL PERIODO ANALIZADO EN SCOPUS

Término RA en documentos como palabra clave, en el resumen o en el título	
Tipo de documento	n=3.933
Artículo	998
Comunicación/ponencia	2501
Capítulo Libro	140
Libro	134
Otros	198
Ciencias Sociales	477
Ámbito Tecnológico	4107
Matemáticas	708
Biomedicina	261
Término RA en el título de documento	
Tipo de documento	n=1.619
Artículo	498
Comunicación/ponencia	995
Capítulo Libro	63
Libro	9
Otros	36
Ciencias Sociales	257
Ámbito Tecnológico	1.665
Matemáticas	278
Biomedicina	107

El tema RA obsérvese que aparece como un elemento difundido en comunicaciones y ponencias, suele ser éste un entorno propicio para mostrar los últimos avances fruto de experiencias investigadoras recientes. Por otro lado, en el análisis por áreas temáticas destaca especialmente el ámbito tecnológico, esto es, los documentos surgen desde estudios de Informática e Ingenierías, y en menor medida en las Ciencias relacionadas con la Comunicación y la Investigación Educativa. Esto parece reforzar la idea de que las estrategias de RA aparecen en las Ciencias Sociales y en las Humanidades de una forma subsidiaria.

V. RESULTADOS CUALITATIVOS DE LA EXPLORACIÓN DOCUMENTAL

El fenómeno de la Realidad Aumentada aparece como novedoso y sus posibilidades lo convierten en objeto de múltiples trabajos exploratorios [3], [23], en todo caso, la RA se muestra subsidiaria de las investigaciones propias sobre dispositivos móviles en educación, esto es, se ve sometida a las limitaciones y dimensiones de la gestión digital de datos bajo el uso de estos instrumentos portátiles. Estas investigaciones siguen sentado las bases y la conceptualización terminológica del fenómeno; describiendo los cambios metodológicos derivados del uso de estas herramientas. Además de utilidades obvias como buscar información, productos y nuevos servicios, es significativo el valor colaborativo añadido: la interacción de comunidades sociales virtuales, prácticas culturales compartidas, pertenencia e identificación con nuevas escalas de valores, algo esencial especialmente para los jóvenes [24].

Más específicamente y derivado de esta exploración documental se pueden concluir tres líneas novedosas que enriquecen las investigaciones relacionadas, por un lado aparecen delimitados los nuevos perfiles de usuarios y las áreas más adecuadas para el ensayo de la RA. Por otra parte se ensayan nuevas estrategias inmersivas derivadas de los

desarrollos RA, y por último, aparecen perspectivas enfrentadas sobre este fenómeno tecnológico.

- Delimitación específica de áreas temáticas y perfiles de estudiante

Las aplicaciones (Apps) de RA aparecen de forma subsidiaria a modo de ilustraciones en productos de marketing o en producción editorial. Pero también tienen una función nuclear, esto sucede en los videojuegos o en las aplicaciones educativas. Así, se recalca su uso como apoyo a la formación en otras lenguas, la traducción idiomática, la inclusión como guías de museos enriquecidas con RA [25].

Al igual que sucede habitualmente con las TIC, no todas las áreas temáticas implementan las nuevas tecnologías con igual cadencia. Tscholl y Lindgren [18], Laine et al. [26], Liou, Bhagat y Chang [27], entre otros, han descrito la beneficiosa incorporación de las técnicas RA en los entornos informales de las Ciencias. Las referencias más numerosas tienen relación con las tecnologías y la medicina, así Huang, Liaw y Lai [28] destacan el uso de simuladores de pacientes humanos y sistemas de ambiente virtual a modo de laboratorios. Es elevada la aceptación por los usuarios de estos entornos de realidad digital, concediéndoles un impacto positivo en la utilidad percibida, así como facilidad de uso.

Observamos que los registros sobre RA se reducen en las Ciencias Sociales, aunque continúan dominando con gran diferencia las Ciencias Tecnológicas e Ingenierías. La producción en Artes y Humanidades queda muy reducida (Tabla 4).

Resulta evidente la existencia de un mercado e intereses económicos que orientan las pautas de estos instrumentos, usando potentes estrategias de marketing, que le confieren atractivo, y capacidad seductora. En este sentido, varios trabajos destacan cómo los fenómenos relacionados con los dispositivos móviles gozan del carácter lúdico asociado [29], y en esa línea, Cubillo et al. [30] presentan estas tecnologías como motivadoras por sí mismas para todos los usuarios.

En esta asociación de RA con los dispositivos móviles, se detecta un incremento ostensible en su uso y su disponibilidad para todo tipo de personas [31], esto coincide con la tendencia indicada por Martin et al. [32]. Los procesos de enseñanza y aprendizaje cada vez son más concretos, vinculados a determinados temas y destinados a las necesidades de estudiantes específicos. Se detecta una tendencia de concretar los ámbitos de investigación, delimitando de forma concreta el tipo de tecnología a implementar, los contenidos, competencias a desarrollar, metodología, condiciones económicas y de la formación, y perfil del alumnado expreso.

Junto a la mayor variedad de usuarios por primera vez se observa que las opciones tecnológicas pueden cuantificar con precisión ese perfil. Esto permite una interacción más eficaz, respondiendo a los intereses de docente y discente. En el caso de la RA la respuesta digital debe estar especialmente adaptada a esa necesidad del usuario. Así encontramos opciones de configuración para jóvenes, para determinados especialistas, o para personas con algún tipo de discapacidad. En este sentido, Saracchini, Catalina y Bordoni [33] encontraron que era una herramienta

potencialmente eficaz y de fácil uso para las personas mayores, aunque esto contradice las previas investigaciones de Yu et al. [34] y Wu et al. [35].

- Potencial formativo de escenarios inmersivos

Sigue siendo importante el poder de la narrativa audiovisual multimedia como potenciador del propio recurso y su lenguaje. Gavish et al. [36] concretan cómo la RA, con su conjunción de textos escritos y narrativas visuales, ayuda a que los usuarios se concentren en determinados puntos clave de la tarea, según el criterio del diseñador. Destaca el potencial de la RA para mostrar nuevos espacios, escenarios inmersivos e interactivos, diseñados para apoyar la transmisión de datos en ambientes pseudo-naturales diseñados al efecto [37] [38]. Ahí, la RA sustituye la experiencia real, o el visionado de las imágenes correspondientes, por el recorrido virtual recreado digitalmente [39], donde los usuarios son capaces de situarse en una ubicación similar a la experiencia verídica, imposible en la práctica real por su tamaño o por su situación geográfica. Estos entornos inmersivos son asimilados por los usuarios como experiencia cuasi-real [40].

Las investigaciones muestran las posibilidades de la formación que sitúa al estudiante en escenarios complicados, especialmente los laboratorios virtuales donde las herramientas pueden ser manejadas de una forma más segura [41] reduciendo los costos asociados a equipos, espacios y mantenimiento. Además, proporcionan beneficios adicionales tales como la apertura a estos lugares a usuarios distantes, personas con discapacidad, y el aumento de la seguridad para la visualización de rasgos micro, macro o peligrosos. Heradio et al. [41] analizan la literatura sobre los laboratorios virtuales desde sus inicios hasta 2015, identifican los temas más investigados y concluyen que estas experiencias son especialmente propicias para los estudios de ingeniería.

Cabe resaltar que estos desarrollos están siendo creados por múltiples personas programadores y los educadores empiezan a proporcionar pautas de creación. En este sentido, Tan y Chang [42] proponen un algoritmo científico para identificar objetos de la realidad a los cuales puede agregarse la tecnología de RA inmersiva. También, Tarng et al. [43] desarrollan una nueva metodología de inmersión ecológica reproductora de un sistema natural semejante a un jardín de mariposas, donde las personas están en un escenario interactivo, pueden criar estos insectos de forma virtual en su tableta o smartpone.

- Perspectivas enfrentadas sobre el fenómeno RA

Por un lado son mayoría los investigadores que analizan la evolución y la eficacia de estas tecnologías para presentar información susceptible de convertirse en conocimiento, a partir de los objetos [44] [45]. De forma similar, Bower y Sturman [46] enumeran estas posibilidades al ser usadas en conexión con la ropa y accesorios, es una vertiente del denominado Internet de las cosas. Documentos como los realizados por Chang et al. [47] y por Ferrer et al. [48] reiteran cómo la RA es eficaz en el ámbito educativo por su motivación hacia la indagación de la información.

Pero también aparecen perspectivas que cuestionan los desarrollos de RA, vinculándolos sólo con experiencias de

juego ([29]), así varios autores subrayan que el propio medio limita la transmisión exhaustiva de contenidos y que el soporte distrae de los reales objetivos formativos [49], [50], [51].

Están descritos otros inconvenientes, y Kurilovas [52] evalúa los niveles de calidad y la necesaria personalización de estos escenarios interactivos, donde se responda a las verdaderas necesidades del usuario y no sólo a las posibilidades del medio.

Surgen problemas de uso ante nuevos instrumentos. Dada la disparidad de modelos y estrategias asociadas, varias investigaciones destacan la necesidad de incluir ayudas o incorporar guías en estos recursos. Gavish et al. [36] alertan sobre los tiempos de adecuación al manejo de estas máquinas, y Muñoz et al. [37] destacan que el usuario necesita periodos, a menudo largos, para usar eficazmente la RA. En esta línea crítica, Bhutta, Umm-E-Hani y Tariq [53] describen aspectos legislativos emergentes ahora inexplorados, con nuevas cuestiones para la aceptación de esta tecnología. Algunos de estos retos se vinculan con la recogida de información del usuario y la gestión de datos que corresponden a la privacidad, la protección de los derechos de las figuras o avatares virtuales y sus interacciones telemáticas, derechos de propiedad, la brecha de seguridad, y la diferenciación entre el dato real, lo virtual, la simulación y la falsedad.

VI. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE APLICACIONES RA

Parte del extenso ensayo y análisis descriptivo se muestra en el enlace <https://goo.gl/xXmnWd>, donde se puede observar que el 59% de las aplicaciones muestran una versión inicial del desarrollo informático, sin alcanzar una versión 2, más elaborada y completada con las realimentaciones de sus usuarios. El 96% son gratuitas, inicialmente, esto supone que intentan acceder al mercado y a la experiencia de los usuarios. Cabe destacar que el tamaño de estos programas tiene una elevada oscilación entre los 2 y los 700 mb, que no correlaciona con el nivel de complejidad para su instalación, aunque si mantiene relación con el tipo de grafismo implementado en la aplicación, así los programas de menor tamaño despliegan una imagen fija, el 22%, en vez de un video o una imagen en 3 dimensiones. El 39% de ellos precisa de conexión a Internet para su funcionamiento, una vez instalados.

Es interesante observar que dentro de la variedad de tecnologías asumidas bajo el término RA, se ha detectado un 16 % que funcionan bajo el estímulo de la señal GPS, un 20 % son disparadas por el código QR, un 36 % funcionan con un patrón de disparo tipo TAG o logotipo específico, y un 28 % en las que es el propio programa el que genera el patrón de disparo. Esto último hace cuestionarse su inclusión dentro de los desarrollos de RA y más bien pudieran ser aplicaciones que muestran grafismos en 3 dimensiones.

La mayoría son aplicaciones de uso individual, y centradas en mostrar imágenes en movimiento. En el estudio tan solo 11 casos estaban centrados en textos y 5 en números. El carácter lúdico es patente en 37 casos que se centraban en la estructura de un juego, y 24 casos eran actividades de simulación de un rol específico. A pesar de estar catalogadas como aplicaciones educativas, sólo 20 de

ellas contaban con orientaciones para los usuarios y materiales educativos de apoyo. 25 casos ofrecían diferentes actividades sobre un mismo concepto, un número similar de casos seguían una narrativa estructurada sobre la realización de tareas en un orden lógico y siguiendo la estructura de un tutorial explicativo. Tan solo 8 casos presentaban objetivos iniciales, o distintos niveles de dificultad en la realización de las tareas. En 17 ocasiones aparece algún tipo de evaluación de logros. Por último sólo aparecen casos esporádicos con opciones para personas con algún tipo de discapacidad o con vías de exploración libre.

VII. DISCUSIÓN

En el estudio de antecedentes sobre investigaciones en RA se reiteran ciertos temas: tipologías; metodologías de trabajo; el factor motivacional y las bondades de estas tecnologías. Y observamos que las recientes investigaciones continúan abordando estas líneas, aunque aparecen perspectivas que cuestionan algunas bondades de estos recursos descritos por autores como Di Serio, Ibáñez y Kloos [54] y Chiang, Yang y Hwang [6]. No obstante, el análisis cualitativo destacó el rendimiento positivo vinculado a su potencial creativo no sólo en los más jóvenes, sino que llega a otros segmentos de población.

Todos nuestros resultados ponen de manifiesto los elevados niveles de veracidad de la formación generada, la mayoría de ella de naturaleza inmersiva icónica. Esto reafirma los descubrimientos de Chiang, Yang y Hwang [6] sobre cómo la RA provoca una interacción realista con del usuario en un mundo virtual creado digitalmente donde convive sensitivamente con imágenes en relieve, textos, hipervínculos, etc. También permite experimentar una interacción entre la persona y la computadora en un escenario aparentemente natural [11], es una situación de experiencia inmersiva que tiene relevancia al situarnos en entornos intangibles en la realidad. Coincidimos con Santos et al. [55] en observar cómo estas aplicaciones se centran y desarrollan en el usuario su habilidad de comprensión espacial. También son capaces de mostrar y explicar detalles o dimensiones atípicas de la realidad [11] ya sean espacios habitualmente peligrosos, astronómicos o tan mínimos que son imposibles de reproducir de forma habitual [35]. Sin duda, el caso más interesante es la posibilidad de materializar fenómenos no observables, como movimientos de electrones o campos magnéticos o la representación de casos que no son posibles de realizar en la práctica, tales como temas abstractos [56].

Los datos cuantitativos han puesto de relieve las áreas temáticas en las que más se está implementando esta tecnología, que tiene un uso individualizado pero con acceso a las redes colaborativas. Estas líneas complementan las propuestas de Chen y Tsai [57] para usar estas herramientas como ayuda a determinados perfiles de usuarios limitados, y como apoyo para completar y comprender mejor los contenidos que pueden estar ilustrados con videos y animaciones en 3 dimensiones.

Los resultados apuntan a nuevos desafíos y problemas aún no resueltos, entre los que destacamos la desubicación de los lugares de formación clásicos, ya se al centro educativo y otras fuentes, y el traslado del usuario a otros escenarios incluso fuera de la realidad [58].

El análisis cuantitativo de registros ha puesto de relieve la juventud del fenómeno, siendo los artículos y comunicaciones en eventos científicos los soportes más utilizados para estas investigaciones, teniendo los libros un menor desarrollo. Esto coincide con el ensayo de las aplicaciones donde se ha detectado también que son tecnologías emergentes y experimentales, todo ello puede ser una señal del dinamismo y falta de suficientes antecedentes en el análisis.

VIII. CONCLUSIONES

Tanto la exploración documental como el análisis de aplicaciones revelan cierto carácter efímero del fenómeno RA dada la existencia de un número reducido de materiales con solidez e historia. Por ello, es interesante diferenciar las propuestas de implementación eficaz de estos recursos en educación. La variedad de software detectado hace necesario clarificar mejor los rasgos de estas aplicaciones, detallando aspectos económico, los requisitos de los equipos, y los rasgos verificados de carácter comunicacional, informativo, o neta y realmente educativo.

Actualmente emergen nuevas temáticas de investigación que exploran y ponen de relieve nuevas características, tales como los nuevos perfiles de usuarios, nuevos escenarios totalmente virtuales y las áreas de mayor aplicación. También se ha detectado la aparición de una interacción constante con Internet, bien sea para hacer consultas a la red, para relacionarse con amistades, para recoger “información derivada de las cosas”, o derivada de las técnicas de Geolocalización. Es aprovechable el uso de nuevas técnicas y aplicaciones gratuitas de geoposicionamiento en la realidad, o virtualmente, manejando el equipo informático tradicional en el domicilio. Una visita real y virtual se vuelven compatibles y pueden darse de forma conjunta consecutivamente, haciendo localizaciones y visionado de lugares del mundo a través de aplicaciones semi-inmersivas on-line como Google Maps Street View.

Junto a las experiencias exitosas, surgen problemáticas inherentes, tales como las conocidas reticencias o disfunciones por el uso excesivo y las adicciones, los tiempos de aprendizaje requeridos, las lagunas legales, y otros. Así, se debe analizar cómo y porqué es cuestionado el uso de estos dispositivos en determinados contextos, como la escuela, igualmente se deberían analizar reglamentos y normativas de referencia que se adapten a estos nuevos escenarios y metodologías. El fenómeno descubre dicotomías: herramienta monousuario y espacios colaborativos, desafíos educativos y limitaciones por dominio del lenguaje audiovisual, metodologías escolares y herramientas desubicadas.

La conjunción entre viejas y nuevas tecnologías parece ser una de las claves de eficacia, ya que es imparable este desarrollo tecnológico. Se pone de relieve la iniciativa docente que destaca en las investigaciones relacionadas analizadas. Ahora parece oportuno empezar a marcar pautas en el diseño de estos desarrollos de RA para vincularlos y complementar adecuadamente las necesidades de la actividad formativa.

REFERENCIAS

- [1] R. Lindgren, and M. Johnson. "Emboldened by embodiment: six precepts for research on embodied learning and mixed reality". *Educational researcher*, vol.42, no.8, pp.445–452, 2013.
- [2] M. Dunleavy, C. Dede, and R. Mitchell. "Affordances and limitations of immersive participatory augmented reality simulations for teaching and learning". *Journal of Science Education and Technology*, vol.18, no.1, pp. 7–22, 2009.
- [3] J. Cabero, and J. Barroso. "The educational possibilities of Augmented Reality". *Journal of New Approaches in Educational Research*, vol.5, no.1, pp.44-50, DOI: 10.7821/naer.2016.1.140. 2016.
- [4] X. Basogain, M. Olabe, K. Espinosa, C. Rouèche, and J. Olabe. "Realidad Aumentada en la educación: una tecnología emergente". *Files Mediativos*, 2010.
- [5] J. Fombona, and E. Vázquez. Posibilidades de utilización de la "Geolocalización y Realidad Aumentada en el ámbito educativo". *Educación XX1*, vol.20, no.2, 319-342, 2017.
- [6] T. Chiang, S.J. Yang, and G. Hwang. "Students' online interactive patterns in augmented reality-based inquiry activities". *Computers & Education*, vol.78, pp.97–108, 2014.
- [7] T. Zarraonandia, I. Aedo, P.P. Díaz, and A. Montero. "An augmented lecture feedback system to support learner and teacher communication". *British Journal of Educational Technology*, vol.44, no.4, pp.616-628, 2013.
- [8] G. Hwang, and C. Tsai. "Research trends in mobile and ubiquitous learning: A review of publications in selected journals from 2001 to 2010". *British Journal of Educational Technology*, vol.42, no.4, pp.65-70, 2011.
- [9] R. Davies, S. Howell, and J. Petrie. "A review of trends in distance education scholarship at research universities in North America, 1998-2007". *The International Review of Research in Open and Distributed Learning*, vol.11, no.3, pp.42–56, 2010.
- [10] M. Ibáñez, A. Di Serio, D. Villarán, and C. Kloos. "Experimenting with electromagnetism using augmented reality: Impact on flow student experience and educational effectiveness". *Computers & Education*, vol.71, pp.1-13, 2014.
- [11] S. Cai, X. Wang, and F.K. Chiang. "A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course". *Computers in Human Behavior*, vol.37, pp.31-40, 2014.
- [12] A. Nolen. "The content of educational psychology: An analysis of top ranked journals from 2003 through 2007". *Educational Psychology Review*, vol.21, no.3, pp.279–289, 2009.
- [13] H. Ávila. "Introducción a la metodología de la investigación". México: Instituto Tecnológico de Cuauhtémoc. 1999.
- [14] M. Akçayir, and G. Akçayir (2017). "Advantages and challenges associated with augmented reality for education: A systematic review of the literature". *Educational Research Review* 20, 1–11, DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.edurevol.2016.11.002>
- [15] Cupertino. "App Store Rings in 2015 with New Records". Apple: California 2015.
- [16] Appsbrain. "Number of Android Applications". Appsbrain: Switzerland, 2015.
- [17] C. Kimberlin, and A. Winterstein. "Validity and reliability of measurement instruments used in research". *American Journal of Health-System Pharmacy*, vol. 65, no. 23, pp.2276-2284, 2008.
- [18] M. Martínez. "Science and art in qualitative methodology". México: Trillas, 2004.
- [19] M. García-Sedeño, and M. García-Tejera. "Estimación de la validez de contenido en una escala de valoración de grado de violencia de género soportado en adolescentes". *Acción Psicológica*, vol.10, no.2, pp.41-58, 2013.
- [20] L. Aiken. "Assessment and Psychological Tests". México, D. F.: Prentice Hall, 1996.
- [21] C. Lawshe. "A quantitative approach to content validity". *Personnel Psychology*, vol. 28, pp.563-575, 1975.
- [22] J. Osterling. "Constructing test items". Boston: Kluwer American Publishers, 1989.
- [23] L. Avila, and M. Bailey. "Augment Your Reality". *IEEE Computer Graphics and Applications*, vol.36, no.1, pp.6-7, 2016.
- [24] M. Tscholl, and R. Lindgren. "Designing for learning conversations: how parents support children's science learning within an immersive simulation". *Science Education*, vol.100, no.5, pp.877-902, 2016.
- [25] A. Natalia. "Using augmented reality in libraries: State of the art". *BiD*, vol 36. 2016.
- [26] T. Laine, E. Nygren, A. Dirin, and H. Suk. "Science Spots AR: a platform for science learning games with augmented reality". *ETR&D-Educational Technology Research and Development*, vol.64, no.3, pp.507-531. 2016.
- [27] W. Liou, K. Bhagat, and C. Chang. "Beyond the Flipped Classroom: A Highly Interactive Cloud-Classroom". *Journal of Science Education and Technology*, vol.25, no.3, pp.460-473, 2016.
- [28] H.M. Huang, S. Liaw, and C. Lai. "Exploring learner acceptance of the use of virtual reality in medical education: a case study of desktop and projection-based display systems". *Interactive Learning Environments*, vol.24, no.1, pp.3-19, 2016.
- [29] D. Richardson. "Exploring the Potential of a Location Based Augmented Reality Game for Language Learning". *International Journal of Game-Based Learning*. vol.6, no.3, pp.34-49, 2016.
- [30] J. Cubillo, S. Martín, M. Castro, and I. Boticki. "Preparing augmented reality learning content should be easy: UNED ARLE-an authoring tool for augmented reality learning environments". *Computer Applications in Engineering Education*, vol.23, no.5, pp.778-789, 2015.
- [31] Statista (2015). "Share of mobile device owners worldwide from 2011 to 2016, by number of devices owned". Statista: Hamburg.
- [32] S. Martin, G. Diaz, E. Sancristobal, R. Gil, M. Castro, and J. Peire. "New technology trends in education: Seven years of forecasts and convergence". *Computers & Education*, 57(3), 1893–1906. 2011
- [33] R. Saracchini, C. Catalina, and L. Bordoni. "A Mobile Augmented Reality Assistive Technology for the Elderly". *Comunicar*, vol.23, no.45, pp.65–73, 2015.
- [34] D. Yu, J. Jin, S. Luo, and W. Lai, Huang, Q. "A useful visualization technique: A literature review for augmented reality and its application, limitation y future direction". En Huang; Nguyen; Zhang (Eds.), *Visual information communication*, Springer, Boston, pp.311-337. 2009.
- [35] W. Wu, Y. Wu, Y. Chen, H. Kao, H. Lin, and S. Huang. "Review of trends from mobile learning studies: A meta-analysis". *Computers & Education*, vol.59, no.2, pp.817-827, 2012.
- [36] N. Gavish, T. Gutiérrez, S. Weibel, J. Rodríguez, M. Peveri, and U. Bockholt. "Evaluating virtual reality and augmented reality training for industrial maintenance and assembly tasks". *Interactive Learning Environments*, vol.23, no.6, 2015.
- [37] J. Muñoz, I. Jorin, J. Asensio, A. Martínez-Mones, L. Prieto, and Y. Dimitriadis. "Supporting teacher orchestration in ubiquitous learning environments: A study in primary education". *Learning Technologies, Transactions on Learning*, vol.8, no.1, pp.83–97. 2015.
- [38] J. Nagata, J. Giner, and F.M. Abad. "Virtual Heritage of the Territory: Design and Implementation of Educational Resources in Augmented Reality and Mobile Pedestrian Navigation". *IEEE-RITA Revista Iberoamericana Tecnologías del Aprendizaje*, vol.11, no.1, pp.41-46, 2016.
- [39] J.M. Harley, E. Poitras, A. Jarrell, M.C. Duffy, and S.P. Lajoie, (2016). "Comparing virtual and location-based augmented reality mobile learning: emotions and learning outcomes". *ETR&D-Educational Technology Research and Development*, vol.64, no.3, pp.359-388, 2016.
- [40] A. García, R. Guerrero, and J. Granados. "Buenas prácticas en los entornos virtuales de enseñanza-aprendizaje". *Revista Cubana de Educación Superior*, vol.0, no.3, pp.76-88, 2015.
- [41] R. Heradio, L. De La Torre, D. Galán, F. Cabrerizo, E. Herrera, and S. Dormido, "Virtual and remote labs in education: A bibliometric analysis". *Computers & Education*, vol. 98, pp. 14-38, 2016.
- [42] Q. Tan, and W. Chang. "Location-Based Augmented Reality for Mobile Learning: Algorithm, System, and Implementation". *Electronic Journal of e-Learning*, vol.13, no.2, pp.138-148, 2015.
- [43] W. Tarnq, K. Ou, C. Yu, F. Liou, and H. Liou. "Development of a virtual butterfly ecological system based on augmented reality and mobile learning technologies". *Virtual Reality*, vol.19, no.3-4, pp.253-266, 2015.
- [44] S. Dinçer. "Türkiye'de yapılan bilgisayar destekli öğretimin öğrenci başarısına etkisi ve diğer ülkelerle karşılaştırılması". *Türk Fen Eğitimi Dergisi*, vol.12, no.1, pp.99-118, 2015.
- [45] H. Tekedere, and H. Göker. "Examining the effectiveness of augmented reality applications in education: A meta-analysis". *International Journal of Environmental and Science Education*, vol.11, no.16, pp.9469-9481, 2016.
- [46] M. Bower, and D. Sturman. "What are the educational affordances of wearable technologies?" *Computers & Education*, vol.88, pp.343-353, 2015.
- [47] Y. Chang, H. Hou, C. Pan, Y. Sung, and K. Chang. "Apply an augmented reality in a mobile guidance to increase sense of place for heritage places". *Journal of Educational Technology and Society*, vol. 18, no. 2, pp.166–178, 2015.
- [48] J. Ferrer, J. Torralba, M. Jimenez, S. García, and J. Barcia, *ARBOOK: Development and assessment of a tool based on augmented reality for anatomy*". *Journal of Science Education and Technology*, vol. 24, no.1, pp. 119-124, 2015.
- [49] A. Abate, and M. Nappi. "Guest Editorial: Augmented Reality Based Framework for Multimedia Training and Learning". *Multimedia Tools*

- and Applications, 75(16), 9507-9509. 2016.
- [50] J. García. "Augmented Reality: Technology for training". Pixel-Bit, vol.49, pp.241-242, 2016.
- [51] H.C., Kim, and M.Y. Hyun. "Predicting the use of smartphone-based Augmented Reality (AR): Does telepresence really help?" Computers In Human Behavior, vol.59, pp.28-38, 2016.
- [52] E. Kurilovas. "Evaluation of quality and personalisation of VR/AR/MR learning systems". Behaviour and Information Technology, vol.35, no.11, pp.998-1007. 2016.
- [53] Z. Bhutta, S. Umm-E-Hani, and I.Tariq. "The next problems to solve in augmented reality". En International Conference on Information and Communication Technologies, ICICT 2015; Karachi 2016.
- [54] Á. Di Serio, M. B.Ibáñez, and C.D. Ve Kloos. "Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course". Computers & Education, vol.68, pp.586-596, 2013.
- [55] M. Santos, A. Chen, T. Taketomi, G. Yamamoto, J. Miyazaki, and H. Kato. "Augmented reality learning experiences: Survey of prototype design and evaluation". IEEE Transactions on Learning, vol.7, no.1, pp.38-56, 2014.
- [56] B. Shelton, and N.R. Hedley. "Using augmented reality for teaching earth-sun relationship to undergraduate geography students". International Augmented Reality Toolkit Workshop (1-8). Darmstadt, Germany: IEEE. 2002.
- [57] C. Cheng, and Y. Tsai. "Interactive augmented reality system for enhancing library instruction in elementary schools". Computers & Education, vol.59, no.2, pp. 638-652, 2012.
- [58] S. Bronack. "The role of immersive media in online education". The Journal of Continuing Higher Education, vol.59, no.2, pp.113-117, 2011.



Javier Fombona Cadavieco es Licenciado en Filosofía y Ciencias de la Educación (UNED), Licenciado y Doctor en Comunicación Audiovisual (Univ. Complutense). Vicedecano de Internacionalización, profesor titular en la Facultad de Formación del Profesorado y Educación (Univ. Oviedo España). Ex-realizador de TVE. Investigador en TIC educativas audiovisuales desde 1986, con gran número de conferencias y publicaciones científicas. Coordina varios proyectos de investigación sobre TIC y Realidad Aumentada, en distintos niveles educativos e internacionalización. (e-mail: fombona@uniovi.es) ORCID <https://orcid.org/0000-0001-5625-5588>



María Ángeles Pascual es Doctora en CC. de la Educación. Profesora titular en la Universidad de Oviedo (España). Es catedrática de escuela Universitaria y coordina el equipo de investigación del "Grupo de Enseñanza y Currículo" ZINTAC. Investiga las TIC aplicadas a la educación, y los modelos de educación inclusiva. Coordinadora del Máster en Investigación e Innovación Educativa. (email: apascual@uniovi.es) ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6942-6198>



Esteban Vázquez-Cano es Licenciado en Filología Inglesa (Univ. Complutense), Licenciado en Filología Hispánica (UNED), Licenciado en Filología Románica. (Universidad Complutense), Doctor en CC. de la Educación, Profesor y Vicedecano de Estudiantes, Internacionalización y Educación Social (UNED), dirige el Máster en Inspección y Supervisión Educativa. Sus líneas de investigación son la Organización y Supervisión Escolar, aprendizaje móvil y ubicuo, lenguaje digital y los cursos MOOC (e-mail: evazquez@edu.uned.es) ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6694-7948>