

## Aplicaciones educativas y realidad aumentada: Un mapeo sistemático de literatura

Paulina Giménez-Suárez<sup>1</sup>, Rosanna Costaguta<sup>1</sup> y María de los Ángeles Menini<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidad Nacional de Santiago del Estero, Instituto de Investigación en Informática y Sistemas de Información, Avda. Belgrano (S) 1917, 4200 Santiago del Estero, Argentina  
paulitatipgs@gmail.com, {rosanna, marameni}@unse.edu.ar

**Resumen.** Este artículo presenta un mapeo sistemático de literatura vinculado con la creación y uso de aplicaciones que disponen de recursos aumentados en contextos educativos. Las fuentes de exploración consideradas fueron: Researchgate, Google Scholar, Sedici, SpringerLink, Dialnet, ScienceDirect, Mendeley, ACM Digital Library y ACS Publications. La búsqueda se realizó teniendo en cuenta las producciones publicadas en español o en inglés, entre los años 2015 y 2023. Inicialmente se obtuvieron 2500 artículos que, luego de concretar las acciones propias de la metodología elegida, se redujeron a 23. Esto permitió identificar y analizar 26 aplicaciones. Las principales características reconocidas fueron: mayoritariamente se basan en el uso de dispositivos móviles y se crearon usando Unity o Vuforia, se abocan a diversas áreas de conocimiento, y se aplican casi por igual a los niveles primario, secundario y universitario. Además, la experimentación con estudiantes reales y el análisis de los resultados obtenidos no se incluye en la mayoría de los artículos, y es casi nula la consideración de aspectos de usabilidad. Finalmente, cabe resaltar la necesidad de desarrollar aplicaciones educativas que dispongan de recursos aumentados y estén especialmente destinadas a estudiantes en contextos colaborativos.

**Palabras clave:** realidad aumentada, aprendizaje colaborativo soportado por computadora, aplicaciones educativas, usabilidad

### 1. Introducción

En los últimos tiempos, los avances tecnológicos y de comunicación han permitido que las técnicas y herramientas de educación evolucionen mejorando la calidad de enseñanza y de aprendizaje. Una muestra de tal evolución es la incorporación de herramientas de realidad aumentada (RA) en los procesos de enseñanza y de aprendizaje, que han permitido al estudiante mejorar su participación y motivación, y también facilitado su comprensión de conceptos abstractos, aumentando su imaginación y curiosidad [1].

Azuma [3] define la RA como una variación de los entornos virtuales, donde los objetos reales se combinan con otros virtuales tridimensionales que contienen información, y donde el usuario interactúa en tiempo real. La RA logra integrar al usuario en dos mundos, el real y el computacional [2].

Rigueros [4] afirma que la implementación, el uso y el aprovechamiento de la RA actualmente es notoria, y que esto quizás se deba a que en cualquier parte del mundo es posible acceder a una conexión de internet, y a que los dispositivos inteligentes tales como celulares, tabletas, cámaras, gafas, entre otros, cuentan con el software y hardware necesario. Sin lugar a duda, la RA fue adoptada con éxito por diferentes áreas,

como son: economía, medicina, cultura, etc., y en los últimos años, también por el sector de la educación [5].

Según Yuen *et al.* [6] hay cinco tipos de aplicaciones educativas de RA: aprendizaje basado en el descubrimiento (ABD), modelado de objetos (MO), libros (LI), aprendizaje basado en juegos (ABJ) y entrenamiento de habilidades (EH). En el caso de ABD las aplicaciones brindan a los estudiantes información adicional sobre un lugar del mundo real u objeto de interés, con MO utilizan objetos modelados en 3D para permitir a los estudiantes visualicen cómo se vería un objeto dado desde diferentes puntos de vista, y también les permiten explorar las propiedades físicas y ejecutar interacciones entre objetos, con LI pueden ver personajes y objetos 3D con el uso de marcadores en un libro real, con ABJ pueden usar juegos que logren simplificar o reforzar conceptos complejos, y finalmente, con EH es posible capacitar a las personas en tareas específicas (lo cual es útil para efectuar entrenamientos).

Por otro lado, los docentes también han evolucionado en sus prácticas a fin de mejorar los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Una muestra de tal evolución es la adopción del Aprendizaje Colaborativo Soportado por Computadora (ACSC). Según Costaguta *et al.* [7] el ACSC se usa para designar un contexto en el que las experiencias de aprendizaje colaborativo describen situaciones que ocurren en un grupo, esperando ciertas formas de interacción entre sus integrantes, promoviendo mecanismos de aprendizaje e incluyendo, necesariamente, el uso de medios computacionales. Su principal característica es que incorpora los beneficios asociados con un soporte tecnológico, particularmente útil para este tipo de aprendizaje, gracias al cual los participantes pueden contribuir desde cualquier lugar y en cualquier momento.

Actualmente, existen aplicaciones colaborativas que utilizan RA y que acarrear beneficios como: fomentar el trabajo en equipo, propiciar el uso compartido de información, dudas y conocimiento, favorecer el intercambio de ideas y opiniones, todo lo que lleva a un mejor nivel cognitivo [1].

Mediante un mapeo sistemático de literatura, este trabajo busca responder determinadas preguntas de investigación referidas al uso de la RA en aplicaciones educativas. Cabe recordar que un mapeo sistemático de literatura es una revisión rigurosa, ordenada y auditable de publicaciones científicas existentes a fin de dar respuesta a las preguntas de investigación que se hayan formulado. Este documento se estructura en cuatro secciones. En la sección 2 se describen los pasos metodológicos ejecutados para concretar este mapeo sistemático. En la sección 3 se da respuesta a las preguntas de investigación especificadas en este trabajo. Finalmente, en la sección 4, se enuncian algunas conclusiones y líneas de trabajo futuro.

## 2. Metodología

El mapeo sistemático de literatura se concretó mediante la ejecución de los cinco pasos propuestos por Petersen *et al.* [8]: (a) definición de las preguntas de investigación, (b) búsqueda de estudios primarios, (c) selección de artículos para su inclusión y exclusión, (d) codificación de resúmenes y (e) extracción de datos y mapeo de estudios. Estos pasos se documentan a continuación.

- a) Definición de las preguntas de investigación. Las preguntas se definieron a fin de recolectar información acerca del desarrollo y uso de aplicaciones que incluyan RA en los procesos de enseñanza y de aprendizaje. Las preguntas formuladas fueron:
- P1: ¿Qué aplicaciones educativas con RA existen?
  - P2: ¿En qué consisten tales aplicaciones?
  - P3: ¿Cuáles son sus características principales?
  - P4: ¿Se aplicaron en contextos de ACSC?
- b) Búsqueda de estudios primarios. La búsqueda de antecedentes se realizó de manera automática mediante los motores de búsqueda de las fuentes consultadas: Researchgate, Google Scholar, Sedici, SpringerLink, Dialnet, ScienceDirect, Mendeley, ACM Digital Library y ACS Publications. Se tomaron como válidos artículos abocados al desarrollo y/o uso de una aplicación que incluyera recursos aumentados en el campo de la educación, en idioma inglés o español. Las palabras clave de búsqueda fueron obtenidas a partir de la identificación de conceptos relevantes para la creación y uso de aplicaciones con RA en contextos educativos. Esto permitió conformar la cadena de búsqueda con las combinaciones de las palabras: “*realidad aumentada*” o “*augmented reality*”; “*aplicaciones educativas*” o “*aplicación educativa*” o “*educational app*” o “*educational application*”. Así, la cadena de búsqueda empleada fue: (*realidad aumentada OR augmented reality*) AND (*aplicaciones educativas OR aplicación educativa OR educational app OR educational application*). Al ingresar esta cadena de búsqueda en cada una de las nueve fuentes indicadas al comienzo de esta sección, se recolectó un total de 2500 artículos.
- c) Selección de artículos para su inclusión y exclusión. Para efectuar la selección de los artículos relevantes dentro del conjunto recolectado, se establecieron criterios de inclusión y de exclusión. Para este estudio no resultan relevantes: artículos duplicados, artículos no escritos en español o inglés, y artículos publicados con anterioridad al año 2015. Por otro lado, deben ser incluidos aquellos que, además de cumplir los criterios de inclusión mencionados, se vinculen específicamente con el desarrollo o uso de aplicaciones con RA en el campo de la educación, y que presenten un contenido con el adecuado nivel de detalle. A fin de detectar dicho nivel de detalle se efectuaron dos filtrados. Con el primer filtro se revisaron los títulos de las publicaciones y se leyeron sus resúmenes, detectando 52 artículos que verdaderamente podrían ser útiles para esta revisión. El segundo filtro consistió en la lectura completa de los artículos devueltos por el primer filtro, para evaluar en detalle los contenidos. Luego del segundo filtrado el conjunto de artículos se redujo a 23.
- d) Codificación de resúmenes. Para codificar los resúmenes se decidió crear una tabla donde indicar para cada uno de los 23 artículos las siguientes características: nombre de la aplicación; país de origen; si se trata de una aplicación educativa o de una aplicación educativa colaborativa; software utilizado para su desarrollo; tipo de aplicación educativa según la clasificación propuesta por Yuen *et al.* [6];

dispositivos necesarios; nivel educativo para el que fue creada, existencia de experimentación con estudiantes reales; si se hizo análisis de resultados; área de estudio a la que corresponde; y finalmente, consideraciones vinculadas con Usabilidad y/o Interacción Persona-Ordenador (IPO). La tabla mencionada no se muestra por limitaciones de espacio.

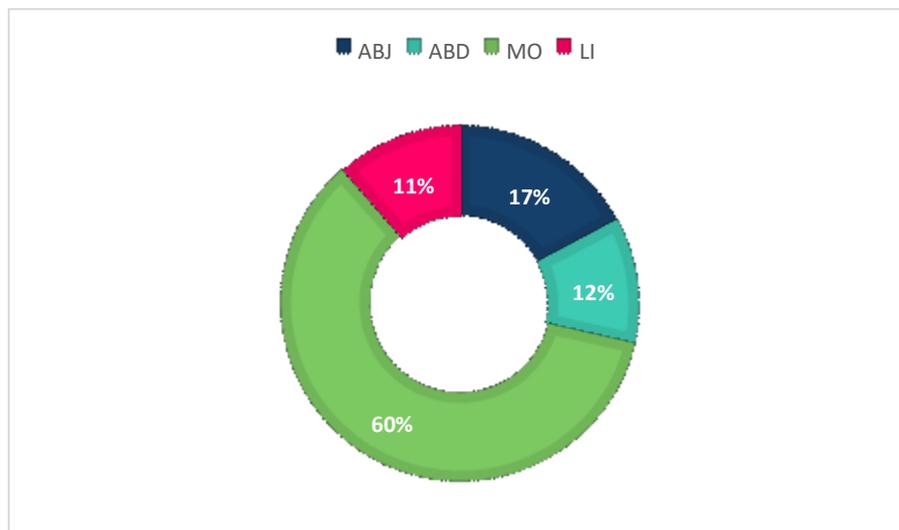
- e) Extracción de datos y mapeo de estudios. La extracción de información relevante de cada artículo seleccionado se realizó considerando las preguntas de investigación enunciadas en el apartado a) y la información que se obtuvo al ejecutar el apartado d), ambos descriptos en esta sección. Las respuestas elaboradas se enuncian en la próxima sección.

### **3. Análisis de la información recabada**

Este mapeo sistemático permitió seleccionar 23 artículos en los que se identificaron 26 aplicaciones educativas que se valen de RA y que provienen de 13 países (Argentina, Reino Unido, Colombia, Indonesia, Malasia, España, China, Estados Unidos, Francia, México, Ecuador, Arabia Saudita y Perú). A continuación, se muestran las respuestas dadas a las 4 preguntas que guiaron este estudio.

Con respecto a la P1, se encontraron 26 aplicaciones educativas que utilizan RA, a saber: EnseñaApp, RatInARBox, ARTect, FLoNA, RutaDarwin, AROS, BioChemAR, ARabic-Kafa, ARPAC, MicroWorld, CRANIUM, Calculus, NumVo, Nupov, MolecularARWeb, Elements 4D, ARLoon, ARFlashcards, Anatomy 4D, Zookazam, SpaceCraft, y otras que no tienen nombre, a las que se identificó como App1, App2, App3 y App4.

Con respecto a la P2, se consideraron los tipos de aplicaciones educativas definidos por Yuen *et al.* (2011), es decir, ABD, MO, LI, ABJ y EH, y como puede verse en la Figura 1, la mayoría de las aplicaciones corresponden al tipo MO (60%). A este tipo corresponden RatInARBox, Solidos de Revolución, App1, ARTect, BiochemAR, App2, ARabic-Kafa, ARPAC, MicroWorld, CRANIUM, Calculus, NumVo, Nupov, App4, MolecularARWeb, Elements4D, ARLoon, ARFlashcards, Zookazam, SpaceCraft y Anatomy 4D. Un 17% pertenecen al tipo ABJ, es el caso de Enseña App, RutaDarwin, App3, CRANIUM, Calculus y Elements4D. Un 11% pertenecen al tipo LI, incluyendo a FLoNA, RutaDarwin, AROS y App3. Otro 12 % pertenece al tipo ABD, es el caso de Enseña App, ARPAC, MicroWorld y App4. Cabe aclarar que no se detectaron aplicaciones que respondieran al tipo EH.



**Fig. 1.** Porcentajes de tipos de aplicaciones educativas que usan RA

Con respecto a la P3, se analizaron los siguientes aspectos para cada aplicación: el software que se utilizó para su desarrollo, el dispositivo que se necesita para su ejecución, el nivel educativo al que está dirigida, el área de estudio a la que pertenece, y si se ha experimentado su uso con alumnos reales y analizado los resultados obtenidos de dicha experimentación. Un 37% de las aplicaciones se desarrollaron utilizando Vuforia, otro 37% utilizó Unity, y un 3% se valió de HTML, CSS o Javascript. El 23% restante abarca los casos en que no se especificó el software de desarrollo. Al considerar los dispositivos necesarios para cada aplicación, se detectó que sólo una, MoleculARweb, podía funcionar tanto en computadora como en dispositivo móvil, el resto de las aplicaciones se creó para dispositivos móviles. En cuanto al nivel educativo de destino, sólo un 3% está orientado a nivel inicial. El resto de los niveles presenta porcentajes similares: 35% nivel primario, 30% secundario y 32% universitario. Al analizar el área de estudio al que se enfocan se reconoció una considerable variedad: Química, Biología, Inglés, Anatomía, Lengua, Geometría, Arquitectura, Informática. Sin embargo, tres de ellas presentan mayor frecuencia, Biología un 26%, Química un 16 % y Matemática un 13%. Teniendo en cuenta la experimentación concretada, se reconoció que sólo un 62% (16 aplicaciones) registran pruebas con estudiantes reales. De ellas, el 27% (7) efectuó el análisis de resultados observando el impacto de la RA sobre la calidad de la enseñanza y del aprendizaje, mientras que sólo en el 19% (5) de las aplicaciones se analizaron cuestiones de usabilidad (presentando resultados satisfactorios).

Con respecto a la P4, se reconoció que el 100% de las aplicaciones analizadas no presenta características colaborativas, es decir, las aplicaciones no permiten que los usuarios compartan información, dudas, conocimientos, ideas u opiniones, ni posibilitan el trabajo en equipo.

#### 4. Conclusiones

Este artículo documenta un proceso de mapeo sistemático de literatura efectuado con el propósito de conocer el estado actual del conocimiento en el área de las aplicaciones que incluyen RA en contextos educativos. El proceso efectuado consideró 85 artículos recuperados de 9 fuentes bibliográficas, que finalmente se redujeron a 23 aplicando criterios específicos de inclusión y de exclusión, y que dio como resultado la identificación de 26 aplicaciones para estudio.

El trabajo efectuado permite formular las siguientes afirmaciones: a) en el período comprendido entre los años 2015 y 2023, se han generado varias investigaciones vinculadas con la creación y uso de RA en varios países, b) la RA favorece los procesos de enseñanza y de aprendizaje desde el aprender haciendo, ya que el alumno puede visualizar de una nueva forma los conceptos que a diario ve de forma escrita y puede experimentar con ellos de manera visual para entender mejor los conceptos o reforzar sus conocimientos, c) existen varias investigaciones concretadas en el campo de las aplicaciones educativas que cuentan con recursos aumentados, las que fijan su atención en la enseñanza de temas específicos de diversas áreas de estudio y en distintos niveles de enseñanza, d) La experimentación con estudiantes reales y el análisis de los resultados evaluando el impacto provocado en los aprendizajes no está siempre incluido en las investigaciones, e) los criterios de usabilidad de IPO reciben poca atención en el diseño y desarrollo de aplicaciones educativas que incluyan recursos aumentados, y finalmente, e) se detecta la inexistencia de aplicaciones educativas colaborativas que utilicen RA.

Corresponde destacar algunas afirmaciones, vinculadas con el impacto de la RA en contextos educativos, planteadas por los investigadores involucrados en los artículos analizados. Castellano y Santacruz [9] afirman que la RA favorece los procesos de enseñanza puesto que el profesor puede utilizar la tecnología de una forma creativa para favorecer su labor docente. Al mismo tiempo, los autores sostienen que la RA beneficia el proceso de aprendizaje del estudiante por tratarse de experiencias interactivas que requieren una actitud activa por parte del alumno, generando un incremento en su motivación mayor compromiso con su aprendizaje y permitiendo retener mayor cantidad de información. Sánchez Sordo [10] afirma que la RA es una alternativa adecuada para la enseñanza de contenidos prácticos, pues permite crear un escenario experimental donde el estudiante interactúa de modo directo con los objetos casi como lo haría en el aula tradicional. El autor sostiene que la RA impacta positiva y significativamente en la adquisición de conocimientos de los estudiantes. GómezVargas *et al.* [11] destacan que mediante aplicaciones con RA los estudiantes pueden practicar un mismo concepto hasta comprenderlo por completo. Kasinathan *et al.* [12] afirman que las aplicaciones con RA proporcionan un ambiente de aprendizaje relajado donde no hay limitaciones temporales, con recursos interactivos que despiertan el interés de los estudiantes.

Siendo la RA una tecnología emergente que está al alcance de todos, pues gran parte de la población tiene como mínimo acceso a un smartphone, es de esperar que en el futuro próximo se desarrollen nuevas aplicaciones educativas que incluyan RA. Seguramente, con el avance de la tecnología, también se expanda el abanico de dispositivos y periféricos incluidos en las nuevas aplicaciones.

Los resultados obtenidos mediante este mapeo sistemático de literatura demuestran la necesidad de desarrollar en el futuro aplicaciones web educativas y colaborativas que cuenten con recursos aumentados. Usando estas aplicaciones los estudiantes, organizados en pequeños grupos, se beneficiarán tanto de las ventajas que aporta el ACSC a sus procesos de aprendizaje, como de las reconocidas para la RA en contextos educativos.

**Agradecimientos.** Este trabajo fue financiado por la Universidad Nacional de Santiago del Estero (UNSE) a través del proyecto de investigación 23/C176-A-2022 “Desarrollo de aplicaciones para colaboración en e-learning” (2022-2025).

### Referencias

1. Mendoza Morán, V. del R., Rivera Guevara, R., & Barriga Andrade, J.: Sistemas De Aprendizaje Colaborativo Móvil Con Realidad Aumentada. *Revista Politécnica*, 38(1), 67 (2016).
2. Pulido, R.: Estado del arte: Realidad aumentada con fines educativos. *Escuela Coombiana de Carreras Industriales. ECCI Vol. 2 No. 3* (2013).
3. Azuma, R.: A survey of augmented reality. In *Presence: Teleoperators and Virtual Environments* 6, 4 (August 1997), 355-385 (1997).
4. Rigueros, C.: La realidad aumentada: lo que debemos conocer. *TIA*, 5(2), pp. 257-261 (2017).
5. Costaguta, R., Menini, M. & Gerez Martínez, L.: Analyzing some Experiences of Augmented Reality in Higher Education. *Proceeding VIII Iberoamerican Conference of Human Computer Interaction HCI 2022*. Editores: Vanessa Agredo-Delgado, Pablo H. Ruiz and Omar Correa. Editorial: CEUR Workshop. ISSN 1613-0073 (2023).
6. Yuen, S.C, Yaoyuneyong, G. & Johnson, E.: Augmented Reality: An Overview and Five Directions for AR in Education. *Journal of Educational Technology Development and Exchange (JETDE): Vol. 4: Iss. 1, Article 11* (2011).
7. Costaguta, R., Menini M., Missio, D., Santana-Mansilla, P., Lescano, G., Martínez-Mirón, E.A. & Sánchez-Román, G. Aprendizaje colaborativo soportado por computadora. En: *Perspectivas en la Interacción Humano-Tecnología*. Jaime Muñoz-Arteaga, César A. Collazos, Toni Granollers, Huizilopoztli Luna-García (Compiladores). Editorial: HCICollab & Câmara Brasileira de Livro, SP Brasil, sección 5, capítulo 3 (2022).
8. Petersen, K., Feldt, R., Mujtaba, S., & Mattsson, M.: “Systematic mapping studies in software engineering”. *Proceedings of the 12th international conference on evaluation and assessment in software engineering*, 68–77. Ciudad Real, Spain: ACM: British Computer Society (2008).
9. Castellano, T., Santacruz, L.: EnseñAPP: Aplicación Educativa de Realidad Aumentada para el Primer ciclo de Educación Primaria. *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología* (2018).
10. Sánchez-Sordo, J. M. & Teodoro-Vite, S.: Desarrollo de un entorno de realidad aumentada para la enseñanza del condicionamiento operante en Psicología. *Tecnología, Ciencia y Educación*, 23, 115-136 (2022).
11. Gomez-Vargas, I., Medel-Esquivel, R., Garcia-Salcedo, R.: Realidad Aumentada como herramienta didáctica en geometría 3D. *Lat. Am. J. Phys. Educ. Vol. 4, No.12* (2018).
12. Kasinathan, V., Al-Sharafi, A. T. A., Zamnah, A., Appadurai, N. K., Thiruchelvam, V., & Mustapha, A.: Augmented reality in ocean’s secrets: educational application with attached book for students. *Linguistics and Culture Review*, 5(S1), 1123-1137 (2021).