

Construction of learning objects with Augmented Reality: an experience in secondary education

Emilecy Juliana Hernández-Leal¹, Néstor Darío Duque-Méndez²

¹Departamento de Ingeniería y Arquitectura, ²Departamento de Informática y Computación
Universidad Nacional de Colombia
Manizales, Colombia
{ejhernandezl, ndduqueme}@unal.edu.co

Mauricio Giraldo Ocampo³, Paula Andrea Rodríguez Marín³

³Departamento de Ciencias de la Computación y de la Decisión
Universidad Nacional de Colombia
Medellín, Colombia
{maugiraldoooca, parodriguezma}@unal.edu.co

Abstract—One of the technologies that has been showing possibilities of application in educational environments is the Augmented Reality (AR), in addition to its application to other fields such as tourism, advertising, video games, among others. The present article shows the results of an experiment carried out at the National University of Colombia, with the design and construction of augmented learning objects for the seventh and eighth grades of secondary education, which were tested and evaluated by students of a school in the department of Caldas. The study confirms the potential of this technology to support educational processes represented in the creation of digital resources for mobile devices. The development of learning objects in AR for mobile devices can support teachers in the integration of information and communication technologies (ICT) in the teaching-learning processes.

Index Terms— Augmented Reality, learning objects, digital educational resources, mobile devices, teaching-learning processes.

I. INTRODUCCIÓN

La Realidad Aumentada (RA) es una tecnología emergente que se está viendo impulsada e incluida en los entornos educativos [1]. En el Horizon Report 2017, informe que se realiza para identificar y describir las tecnologías emergentes que tendrán impacto sobre el aprendizaje, la enseñanza y la investigación creativa en educación, se destaca la realidad aumentada como tendencia clave desde el año 2016 para mejorar la alfabetización digital; además, dentro de los desarrollos importantes en tecnologías educativas la muestra en la categoría de interfaces naturales de usuario, junto a la realidad virtual, como tecnologías para mejorar la fidelidad, aumentar la eficiencia y fomentar la innovación [2].

Según [3] se puede definir la realidad aumentada como una tecnología para enriquecer la percepción de la realidad, el autor indica que de forma sencilla se puede considerar la RA como un potencializador de los cinco sentidos con los que el ser humano percibe la realidad, con la cual el mundo real se complementa con un entorno digital; en términos más técnicos, la RA agrupa las tecnologías que permiten la superposición de información virtual sobre objetos reales.

En el año 2012, la RA ya se presentaba como una alternativa para ser usada en las aulas, sin embargo, se tenían dudas sobre su implementación y se veía como un desafío [4]. Por su parte, en [5] se hace una exploración sobre experiencias prácticas de aplicación de la RA en educación, se destacan algunas categorías en las cuales se agrupan las experiencias de implementación de la RA: el desarrollo de libros didácticos, recursos educativos, objetos de aprendizaje (OA), materiales didácticos, videojuegos educativos y aplicaciones de geolocalización.

Por otro lado, un recurso educativo puede definirse como cualquier material que tenga un diseño instruccional y por tanto tiene también un objetivo educativo [6], [7], [8]. Dentro de estos recursos educativos se encuentran los OA, que son unidades más pequeñas de aprendizaje, y que según la IEEE se definen como una entidad digital que puede ser usada, reutilizada o referenciada durante el aprendizaje soportado en computador; con el objetivo de generar conocimientos, habilidades, actitudes y competencias en función de las necesidades del alumno [9]. Por su parte, Wiley también define un OA como cualquier entidad digital, que pueda ser usada, reusada o referenciada durante un proceso de enseñanza-aprendizaje [10]. Duque et al., afirman que “un Objeto de Aprendizaje es un material digital con diferente granularidad, que puede ser aprovechado con fines educativos a partir de una intencionalidad definida implícita o explícitamente, por objetivos educativos y que contiene metadatos que permiten su descripción y recuperación, lo cual facilita su reutilización y adaptación a diferentes ambientes” [11].

Para facilitar la identificación, búsqueda y recuperación de los OA, estos cuentan con metadatos descriptivos, que incluyen la información que caracteriza el contenido de los recursos [11]. Los OA con sus respectivos metadatos descriptivos, están almacenados en repositorios que permiten su organización y centralización para tenerlos disponibles y visibles para estudiantes y profesores [12]. Los repositorios permiten almacenar y administrar los recursos y sus metadatos, potencializando sus beneficios de reutilización, interoperabilidad, durabilidad y accesibilidad [13].

Este documento se organiza de la siguiente forma, en la sección 2 se presentan trabajos concretos de aplicación de la RA en la educación; en la sección 3 se muestra el proceso de desarrollo de objetos de aprendizaje en RA llevado a cabo en el grupo de investigación GAIA de la Universidad Nacional de Colombia. La sección 4 contiene el reporte de la experiencia tenida con los OA construidos y la discusión de los resultados obtenidos. Finalmente, en la sección 5 se narran las conclusiones y trabajos a futuro.

II. REALIDAD AUMENTADA EN LA EDUCACIÓN

Se presenta una cantidad significativa de trabajos académicos que muestran el uso de tecnologías de realidad aumentada aplicadas a la educación. En las aulas, los docentes han ratificado sus resultados positivos, por ejemplo en [14] se presenta un estudio en el cual se tomó la opinión de 81 docentes, los resultados muestran que la RA puede ser tomada como una herramienta inclusiva en las aulas, salvo para las personas con discapacidad visual, además se destaca su potencial para conciliar la brecha digital, pero presentando la necesidad de que los docentes tengan conocimientos informáticos básicos para emplearla. Por su parte, en [15] se resalta que por medio de la masificación de los dispositivos móviles y con la web 2.0, los profesores poseen nuevas herramientas para motivar a los estudiantes de diferentes niveles educativos y en diversos campos de estudio, por ejemplo, se relata en este trabajo, una experiencia educativa con una aplicación móvil llamada “AMBAR” que integra RA para el aprendizaje de idioma inglés.

En [16] se reporta una revisión sistemática de investigaciones y aplicaciones de la RA en educación, los autores indican que las principales ventajas reportadas de la RA en los entornos educativos, en orden de mayor a menor son: ganancia de aprendizaje, motivación, facilidad de interacción, colaboración, bajo costo, experiencias aumentadas, información justo a tiempo, aprendizaje situado y centrado en el estudiante, atención de los estudiantes, placer, exploración, aumento de la capacidad de innovación, conciencia, anticipación y autenticidad. También se detectan como limitaciones, los siguientes aspectos: diseñados para un campo de estudio específico, los docentes no pueden crear nuevos contenidos de aprendizaje, dificultades para mantener la información superpuesta, se presta demasiada atención a la información virtual, períodos cortos de validación y tecnología intrusiva.

Otros ejemplos del uso de RA en educación se muestran en [17], [18] y [19], en el primero se hizo uso de la RA para la enseñanza de ciencias naturales a niños de nivel primaria, con el estudio se logró percibir ayuda para la comprensión de los conceptos por parte de los estudiantes y la facilidad para manipular objetos virtuales a pesar de que los niños no habían tenido experiencias previas con esta tecnología; en el segundo trabajo se presenta una herramienta de autor para la creación de

actividades educativas llamada AuthorAR, orientada a los procesos de adquisición del lenguaje y la comunicación. En el último trabajo, se presentan los resultados de una experiencia con objetos de aprendizaje realizados en la Universidad de Sevilla para diferentes áreas de conocimiento.

En [20] se hace un análisis comparativo de varias herramientas de autor que contemplan actividades con realidad aumentada, las herramientas revisadas fueron: ARCrowd, Arive, Atomic, Augment, Aumentaty, Build AR, Cuadernia, Layer y Metaiao. De estas, solo la última permite como formato de salida una app móvil, sin embargo, es una herramienta propietaria con una versión demo. Además, en el estudio se reporta que ninguna de las herramientas permite la posibilidad de incluir enunciados, objetivos y/o retroalimentación por lo cual concluyen que la mayoría de estas no han sido diseñadas específicamente para su uso en entornos educativos.

De acuerdo a lo anterior y comparando las ventajas y posibilidades de implementación disponibles, se llegó a la conclusión de utilizar Unity junto con Vuforia y Android Studio para el desarrollo de los objetos con RA. En la siguiente sección se profundizará en la descripción de estas herramientas.

III. DESARROLLO DE LOS OBJETOS EN REALIDAD AUMENTADA

Como parte de un proyecto de investigación llevado a cabo por el grupo de Investigación en Ambientes Inteligentes Adaptativos (GAIA) de la Universidad Nacional de Colombia sede Manizales y financiado por Colciencias y el Ministerio de Educación Nacional, se llevó a cabo el diseño y construcción de treinta y cinco OA en realidad aumentada para dispositivos móviles con sistema operativo Android. Los OA construidos atienden a temas de las mallas curriculares de los grados séptimo y octavo de educación media en las áreas de ciencias naturales y sociales. Algunos de los temas seleccionados fueron: procesos de división celular, célula animal y vegetal, sistemas del cuerpo humano, regiones naturales de Colombia, sentidos (vista, gusto, oído, tacto, olfato), ciclo del agua, sistema solar, movimientos de la tierra, revolución industrial, entre otros.

Para la construcción de los OA se siguió una metodología adoptada por el grupo GAIA para la construcción de recursos educativos digitales, que incluye el diseño, creación y almacenamiento de los recursos en un repositorio de OA. La metodología contempla un formato que ayuda a los autores con una guía de los principales aspectos a tener en cuenta, previo al inicio de la construcción de los recursos [21].

El formato considera aspectos de diseño, producción y adaptación de los recursos educativos, siendo una guía que permite planear de manera previa el proceso que se seguirá con cada recurso hasta hacer su almacenamiento en el repositorio, contempla desde la elección del tema, el enfoque, objetivo

educativo e incluso características de accesibilidad. La construcción de los recursos educativos cuenta con varias etapas, no solo es importante definir unas características adecuadas, sino que se hace fundamental definir la herramienta para la creación, las tecnologías de apoyo y los metadatos para el etiquetado. Las tres etapas principales son: análisis, diseño y construcción. La etapa de análisis incluye la identificación del tema y población objetivo, la redacción del objetivo educativo, la consulta del contenido y el diligenciamiento de la primera parte del formato, esto se presenta en la Fig. 1.

ETAPA DE ANÁLISIS		
1. Tema:		
2. Título:		
3. Descripción:		
4. Dirigido a (Destinatario):	a. Estudiante b. Profesor	
5. Nivel de escolaridad (Contexto):	a. Preescolar	
	b. Básica primaria	
	c. Básica secundaria	
	d. Media	
	e. Superior	
6. Grado Escolar (Destinatario)	f. General	
7. Nivel de dificultad	Baja Media Alta	
8. Objetivos Educativos que cubriría el OA:		
9. Tipo de OA (Marcar con X):	a. Presentación de contenido b. Actividad	

Fig. 1. Primera parte del formato. Etapa de Análisis.

Luego, la etapa de diseño está enfocada en garantizar que se brinden contenidos de calidad que permitan enriquecer el proceso de formación, comprende tanto la elección de la herramienta en la cual se va a construir el OA como la elección de la tecnología que apoye el acercamiento del usuario al OA, por esto es importante que en la etapa anterior se haya caracterizado con cuidado la población y el objetivo educativo. En esta etapa se diligencia la segunda parte del formato, la cual se muestra en la Fig. 2.

ETAPA DE DISEÑO		
10. Fuentes (Detallar bibliografía usada):		
11. Tecnologías de apoyo	a. Realidad Aumentada	
	b. Accesibilidad	
	c. Móviles	
	d. Ninguna	
12. Ubicación del OA		
13. Estándar de metadatos		

Fig. 2. Segunda parte del formato. Etapa de Diseño.

La etapa final corresponde a la construcción como tal, en esta se hace la creación de los recursos y finalmente su almacenamiento y etiquetado. En esta etapa se recoge todo lo acordado y se empieza con la producción. Una premisa considerada es la importancia de crear recursos claros, concisos, interactivos y fáciles de entender, que permitan que el usuario fortalezca el proceso de formación educativa. En cuanto al etiquetado, se debe tener rigurosidad con los metadatos, ya que por medio de estos se permiten identificar las características del OA, temática, población objetivo, requerimientos y otros elementos relacionados, para este caso, los OA fueron cargados al repositorio ROAp, el cual usa el

estándar de metadatos LOM en una versión extendida que incluye metadatos de accesibilidad en cuanto a presentación, interacción y adaptación [11].

En la etapa de construcción se diligencia la última parte del formato, mostrada en la Fig. 3.

ETAPA DE CONSTRUCCIÓN	
14. Herramientas utilizadas para su construcción:	
15. Proceso de adaptación: En caso de que el OA se adapte de otro OA, especificar qué elementos y cómo fue adaptado	

Fig. 3. Tercera parte del formato. Etapa de Construcción.

Para la construcción particular de los OA en Realidad Aumentada, se usaron una serie de herramientas que son descritas a continuación:

A. Unity

Unity es una plataforma de desarrollo flexible y poderosa para crear juegos y experiencias interactivos 3D y 2D multiplataforma. Es un ecosistema completo que soporta el desarrollo de proyectos en plataformas como Microsoft Windows, OS X y permite crear juegos para Windows, OS X, Linux, Xbox 360, PlayStation 3, Playstation Vita, Wii, Wii U, iPad, iPhone, Android y Windows Phone [22].

B. Vuforia

Es una librería desarrollada para el apoyo en la implementación de aplicaciones con realidad aumentada, es compatible con una variedad de objetos 2D y 3D y proporciona una interfaz de programación en C++, Java, Objective-C y .NET a través de una extensión del motor de juegos Unity. Las aplicaciones de RA desarrolladas con Vuforia son compatibles con una amplia gama de dispositivos móviles, tales como iPad, iPhone y teléfonos y tabletas con Android 2.2 o superior [23].

C. Android Studio

Provee una herramienta para la construcción de aplicaciones para todo tipo de dispositivos con sistema operativo Android. Cuenta con características como buen rendimiento, compilación flexible y un sistema de creación/despliegue instantáneo. Android Studio utiliza una licencia de software libre Apache 2.0, está programado en Java y es multiplataforma [24].

Se seleccionaron estas herramientas por los beneficios que ofrecen de uso sin pago de licencia para fines académicos y sin ánimo de lucro. Como parte del trabajo realizado en el grupo GAIA para la construcción de los OA en RA se realizó un manual para el desarrollador, el cual está disponible en el enlace:

http://froac.manizales.unal.edu.co/raim/manuales/manual_creacion_oas_unityvuforia.pdf

Cabe anotar que para el desarrollo de los OA además de las herramientas mencionadas se usó el software de modelado, animación y renderización 3ds Max para la construcción de los modelos 3D que hacen parte de los recursos educativos. También fueron creadas algunas de las imágenes utilizadas como marcadores, en otros casos fueron usadas imágenes libres.

A continuación, se presentan los marcadores y algunos pantallazos de los OA en realidad aumentada, por medio de las Fig. 4, 5, 6, 7, 8 y 9.



Fig. 4. Marcador objeto de aprendizaje célula vegetal



Fig. 5. Despliegue del objeto de aprendizaje célula vegetal

Una vez contruidos los objetos se realizó su almacenamiento en el repositorio de objetos de aprendizaje Roap(<http://froac.manizales.unal.edu.co/roapRAIM/main.php>) que hace parte de la Federación de Repositorios de Objetos de Aprendizaje Colombia – FROAC. Desde el repositorio pueden ser descargados, la instalación es guiada por medio de un sencillo tutorial que se despliega en el momento de la descarga

tanto de los instaladores (APK) como los marcadores para el despliegue de los modelos 3D se encuentran en el repositorio.

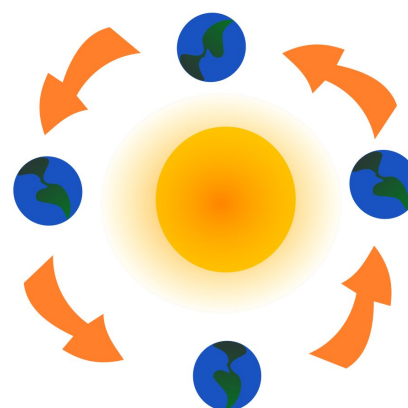


Fig. 6. Marcador objeto de aprendizaje movimientos de la tierra

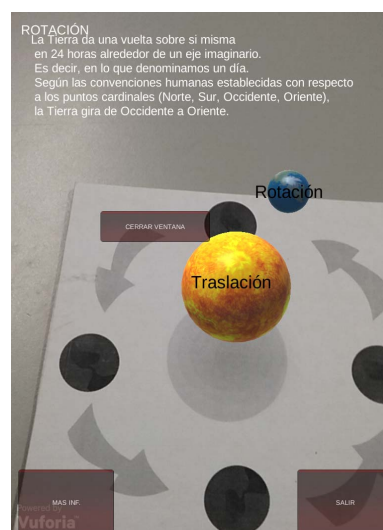


Fig. 7. Despliegue del objeto de aprendizaje movimientos de la tierra

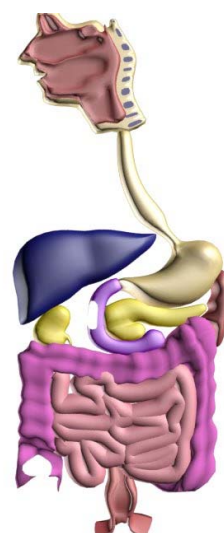


Fig. 8. Marcador objeto de aprendizaje sistema digestivo

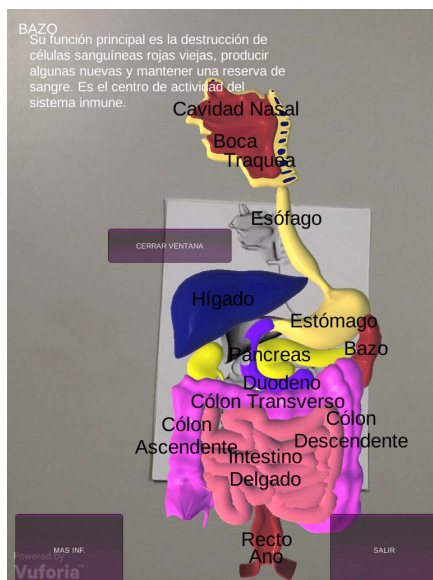


Fig. 9. Despliegue del objeto de aprendizaje sistema digestivo

IV. EXPERIENCIA CON LOS OA CONSTRUIDOS

Con el ánimo de revisar el grado de aceptación y satisfacción de la población objetivo con los objetos en RA, se realizaron pruebas en un colegio de educación media del municipio de Villamaría, Caldas, en un grupo de estudiantes de séptimo grado. El grupo estaba conformado por treinta niñas, quienes interactuaron con los OA en tabletas.

La metodología de la prueba incluía un primer momento en el cual los estudiantes hacían la interacción con los OA por medio de los marcadores y los dispositivos móviles; en segundo lugar, las estudiantes evaluaban cada objeto con el que interactuaban por medio de un cuestionario que consideraba cuatro dimensiones que se exponen a continuación.

Se obtuvo un total de 103 evaluaciones de los 35 objetos desarrollados. Para esta evaluación se utilizó un formato que considera cuatro dimensiones: educativa, estética, funcional y contenido. En la Tabla 1 se presentan los aspectos a evaluar en cada dimensión, la escala para la evaluación fue de 1 a 5, siendo 5 “muy de acuerdo” y 1 “muy en desacuerdo”. El cuestionario finalizaba con tres preguntas abiertas en las que se podían reflejar aspectos positivos y negativos encontrados en los OA y observaciones adicionales al proceso.

TABLA 1. CUESTIONARIO DE EVALUACIÓN DE LOS OA

Dimensión	Aspectos a evaluar
Educativa	1. El contenido del OA cumplió el objetivo del mismo
	2. El contenido del OA contribuyó a su aprendizaje
	3. El OA le ofreció la retroalimentación necesaria para comprender la temática presentada
	4. Tendrá más interés por el tema después de haber trabajado con el OA

Dimensión	Aspectos a evaluar
Estética	5. Los colores (contraste), imágenes, tamaño de los elementos y manejo de espacio facilitaron su interacción con el OA
	6. La estética del objeto (contraste de colores, organización de los elementos como texto, imágenes, tablas, etc., entre otras) es agradable
	7. El diseño de la interfaz de usuario indica implícita o explícitamente como interactuar con el OA
	8. La tipografía y el tamaño usado para el texto es legible y le permitió una adecuada velocidad de lectura
Funcional	9. Pudo acceder al contenido del OA
	10. Fue fácil interactuar con el OA
	11. El OA presenta algún tipo de ayuda o instrucciones que guíen la navegación por el contenido
	12. Las instrucciones presentadas fueron claras
	13. Los botones y enlaces son fáciles de encontrar y rápidos para realizar la acción requerida
	14. En caso de presentarse un error o una falla, ¿el OA le condujo para que continuara desde el punto en el que se encontraba antes de ocurrir tal error?
Contenido	15. El contenido del OA es relevante en su vida, objetivos personales e intereses
	16. El OA estaba relacionado con lo que usted esperaba encontrar en él

Los resultados de las evaluaciones se sintetizan en las Tablas 2 y 3. En la Tabla 2 se presenta la media y desviación estándar para cada uno de los aspectos incluidos en el cuestionario, en la Tabla 3 se muestra el consolidado por dimensión.

TABLA 2. VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES TÍPICAS ALCANZADAS EN LOS DIFERENTES ASPECTOS

Aspectos a evaluar	Promedio	Desviación estándar
1. El contenido del OA cumplió el objetivo del mismo	4,83	0,42
2. El contenido del OA contribuyó a su aprendizaje	4,42	0,49
3. El OA le ofreció la retroalimentación necesaria para comprender la temática presentada	4,29	0,65
4. Tendrá más interés por el tema después de haber trabajado con el OA	4,20	0,74
5. Los colores (contraste), imágenes, tamaño de los elementos y manejo de espacio facilitaron su interacción con el OA	4,44	0,65
6. La estética del objeto (contraste de colores, organización de los elementos como texto, imágenes, tablas, etc., entre otras) es agradable	4,35	0,70
7. El diseño de la interfaz de usuario en indica implícita o explícitamente como interactuar con el OA	4,43	0,74
8. La tipografía y el tamaño usado para el texto es legible y le permitió una adecuada velocidad de lectura	4,32	0,75
9. Pudo acceder al contenido del OA	4,49	0,59
10. Fue fácil interactuar con el OA	4,30	0,83
11. El OA presenta algún tipo de ayuda o instrucciones que guíen la navegación por el contenido	4,28	0,65
12. Las instrucciones presentadas fueron claras	4,21	0,88
13. Los botones y enlaces son fáciles de encontrar y rápidos para realizar la acción requerida	4,17	0,70

Aspectos a evaluar	Promedio	Desviación estándar
14. En caso de presentarse un error o una falla, ¿el OA le condujo para que continuara desde el punto en el que se encontraba antes de ocurrir tal error?	4,09	0,82
15. El contenido del OA es relevante en su vida, objetivos personales e intereses	4,05	0,92
16. El OA estaba relacionado con lo que usted esperaba encontrar en él	4,20	0,62

La puntuación media alcanzada en la globalidad del instrumento fue de 4,32 con una desviación típica del 0,52; lo que demuestra un alto grado de acuerdo expresado por los estudiantes con los aspectos evaluados de cada objeto de aprendizaje. El OA mejor calificado tuvo un valor de 4,91.

TABLA 3. VALORES MEDIOS Y DESVIACIONES TÍPICAS ALCANZADAS EN LAS DIFERENTES DIMENSIONES

Dimensión	Promedio	Desviación estándar
Educativa	4,43	0,47
Estética	4,39	0,59
Funcional	4,25	0,52
Contenido	4,12	0,61

Como se puede ver el promedio para todas las dimensiones es superior a 4,1. La dimensión mejor calificada fue la educativa con un valor de 4.43 y la de menor puntuación fue la de contenido con un valor de 4.2, sin embargo, de lo anterior se puede concluir que los OA en Realidad Aumentada realizados son agradables y de interés para la población objetivo.

La evaluación considera, además, una parte cualitativa de percepción de los estudiantes hacia el OA. Entre los comentarios adicionales recibidos por el grupo de usuarios evaluadores respecto a lo que más les agrado de los OA se presentan:

- “Su claridad en los diferentes temas”
- “Que tiene un buen color y una buena definición”
- “Que se aprende más”
- “Que se encuentra fácilmente todo lo que se busca”
- “Todo me agradó”
- “Que no es solo lectura, sino que se mueve”
- “Que las imágenes fueron muy buenas y tuvieron muy buena creatividad”

En la Fig. 10 se presenta evidencia fotográfica de la experiencia llevada a cabo con las estudiantes del colegio mientras hacían uso de los recursos educativos.

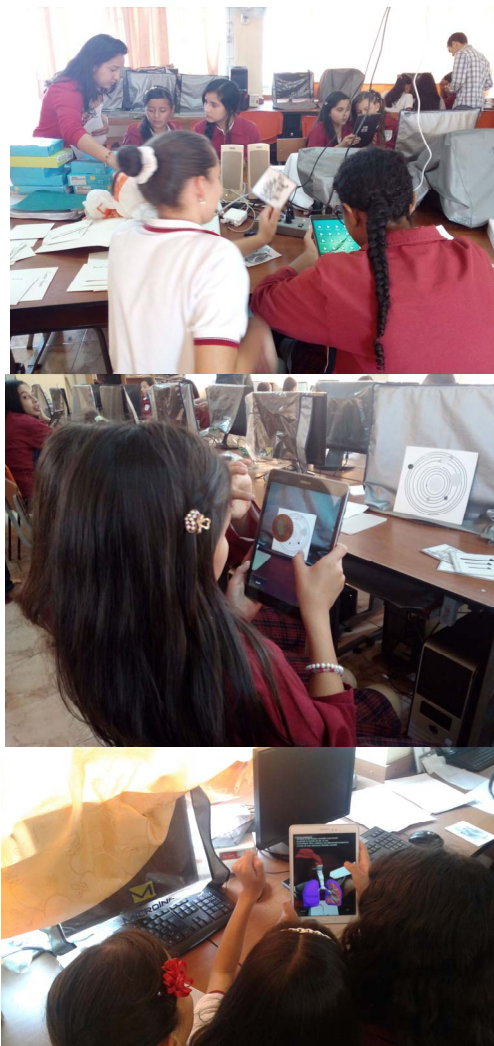


Fig. 10. Estudiantes interactuando con los OA

V. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

El artículo muestra la realización de una experiencia educativa en la construcción y prueba de treinta y cinco objetos de aprendizaje con realidad aumentada. Los recursos fueron probados con estudiantes de educación media y se obtuvieron calificaciones positivas en cuanto a satisfacción de uso y características estéticas, funcionales y de contenido de los objetos.

Los resultados del trabajo coinciden con otros trabajos que manifiestan las posibilidades que brinda la realidad aumentada dentro de las aulas como motivación al aprendizaje y satisfacción de los estudiantes al participar de experiencias que incluyen su uso. Adicionalmente, aunque no fue considerado un cuestionario para evaluar la posición de los docentes del colegio frente a este tipo de material, sus comentarios referentes a la experiencia fueron positivos y destacaron la capacidad de concentrar la atención de los estudiantes en la

actividad y de despertar actitudes favorables en los adolescentes.

Como trabajo futuro se plantea hacer una investigación empírica a mayor profundidad, usando parte del material construido y en la cual se pueda verificar las bondades de la realidad aumentada para facilitar el aprendizaje de los contenidos presentados en comparación a otra metodología, como por ejemplo una clase magistral. Además, se quiere verificar si los estudiantes con un estilo de aprendizaje predominante en el hacer (pragmático) tienen mejor desempeño al utilizar los recursos de RA.

Adicionalmente, se plantea la posibilidad de evaluar, además de la satisfacción de los usuarios con los OA, otros aspectos relacionados con costos de creación e integración con otros servicios o plataformas educativas, calidad de los recursos y de sus metadatos.

Por otra parte, se quiere desarrollar recursos educativos para el área de matemáticas, principalmente actividades que permitan afianzar los conceptos teóricos y temas que se consideren complejos de asimilar con ejercicios tradicionales en las aulas.

AGRADECIMIENTOS

El trabajo presentado en este artículo se enmarca en el proyecto “Entorno informático inclusivo para el apoyo a niños con dificultades específicas de aprendizaje” con código 35809 financiado por la Universidad Nacional de Colombia.

Se agradece a los estudiantes del grupo de investigación GAIA que colaboraron en la elaboración de los Objetos de Aprendizaje y al programa de Formación de Capital Humano de Alto Nivel para el Departamento de Norte de Santander en el marco de la Convocatoria N°753 de Colciencias.

REFERENCIAS

- [1] J. Cabero Almenara and J. Barroso Osuna, “Ecosistema de aprendizaje con «realidad aumentada»: posibilidades educativas,” *Rev. Tecnol. Cienc. y Educ.*, vol. 0, no. 5, pp. 141–154, 2016.
- [2] S. Adams Becker, M. Cummins, A. Davis, A. Freeman, C. Hall Giesinger, and V. Ananthanarayanan, “NMC Horizon Report: 2017 Higher Education Edition,” Austin, Texas, 2017.
- [3] Fundación Telefónica, *Realidad Aumentada: una nueva lente para ver el mundo*, 1st ed. España, 2011.
- [4] R. Reinoso Ortiz, “Posibilidades de la realidad aumentada en educación,” in *Tendencias emergentes en educación con TIC*, Espiral, 2012, pp. 175–197.
- [5] C. Prendes Espinosa, “Realidad aumentada y educación: análisis de experiencias prácticas,” *Rev. Medios y Educ.*, no. 46, pp. 187–203, 2015.
- [6] UNESCO, “Guía Básica de Recursos Educativos Abiertos (REA).” p. 152, 2015.

- [7] M. de E. N. MEN, “Estrategia REDA, Ministerio de Educación Nacional.” 2013.
- [8] M. F. Campo Saavedra, P. D. P. Martínez Barrios, N. Ruíz Rodgers, and H. J. Rendón Osorio, *Recursos Educativos Digitales Abiertos COLOMBIA*. 2012.
- [9] Learning Technology Standards Committee, “IEEE Standard for Learning Object Metadata,” *Inst. Electr. Electron. Eng. New York*, 2002.
- [10] D. A. Wiley, “Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy,” *Learn. Technol.*, vol. 2830, no. 435, pp. 1–35, 2000.
- [11] N. D. Duque, D. A. Ovalle, and J. Moreno, *OBJETOS DE APRENDIZAJE, REPOSITORIOS Y FEDERACIONES... CONOCIMIENTO PARA TODOS*. Universidad Nacional de Colombia, 2015.
- [12] V. Tabares, N. Duque, P. Rodríguez, J. Moreno, and D. Ovalle, “FROAC: Una Iniciativa Colombiana para la Integración de Repositorios de Objetos,” *Campus Virtuales*, vol. IV, no. 1, pp. 108–117, 2015.
- [13] J. Z. Li, “Quality, Evaluation and Recommendation for Learning Object,” *Int. Conf. Educ. Inf. Technol.*, no. Iceit, pp. 533–537, 2010.
- [14] V. Díaz Marín, “Posibilidades de uso de la Realidad Aumentada en la educación inclusiva. Estudio de caso,” *ENSAYOS. Rev. la Fac. Educ. Albacete*, vol. 31, no. 2, pp. 57–67, 2016.
- [15] M. Morales Hernández, C. Benitez Quecha, D. Silva Martinez, M. Altamirano Cabrera, and H. Mendoza Gómez, “Aplicación móvil para el aprendizaje del inglés utilizando realidad aumentada,” *Rev. Iberoam. Prod. Académica y Gestión Educ.*, 2015.
- [16] J. Bacca, S. Baldiris, R. Fabregat, and S. Graf, “Augmented Reality Trends in Education: A Systematic Review of Research and Applications,” *Educ. Technol. Soc.*, vol. 17, no. 4, pp. 133–149, 2014.
- [17] C. C. Fracchia, A. C. Alonso de Armiño, and A. Martins, “Realidad aumentada aplicada a la enseñanza de Ciencias Naturales,” *Rev. Iberoam. Tecnol. en Educ. y Educ. en Tecnol. TE*, no. 16, pp. 7–15, 2015.
- [18] L. Moralejo, C. V. Sanz, P. M. Pesado, and S. Baldassarri Santalucía, “Avances en el diseño de una herramienta de autor para la creación de actividades educativas basadas en realidad aumentada,” *TE*, no. 12, 2014.
- [19] J. Cabero Almenara, F. García Jiménez, and J. M. Barroso Osuna, “La producción de objetos de aprendizaje en ‘Realidad Aumentada’: la experiencia del SAV de la Universidad de Sevilla,” *Int. J. Educ. Res. Innov.*, vol. 6, pp. 110–123, 2014.
- [20] L. Moralejo, “Análisis comparativo de herramientas de autor para la creación de actividades de Realidad Aumentada,” 2014.
- [21] N. Duque, D. Ovalle, and J. Moreno, *Tecnologías para entornos educativos ubicuos, adaptativos, accesibles e interactivos para todos (En impresión)*, Universida. Manizales, 2017.
- [22] Unity Technologies, “Unity - Game engine, tools and multiplatform,” 2017. [Online]. Available: <https://unity3d.com/es/unity>. [Accessed: 25-May-2017].
- [23] PTC Inc, “Vuforia | Augmented Reality,” 2017. [Online]. Available: <https://www.vuforia.com/>. [Accessed: 25-May-2017].
- [24] Google, “Android Studio,” 2017. [Online]. Available: <https://developer.android.com/studio/index.html>. [Accessed: 25-May-2017].