

ESTRATEGIAS DE FORMULACIÓN DE PREGUNTAS DE CALIDAD MEDIADAS POR REALIDAD AUMENTADA PARA EL FORTALECIMIENTO DEL PENSAMIENTO CIENTÍFICO

FREDY LEÓN DÍAZ / ERIKA DUQUE BEDOYA / PAOLA ESCOBAR IBARRA

Resumen:

La realidad aumentada es una tecnología emergente que proporciona oportunidades en el ámbito educativo sobre todo porque motiva a los estudiantes. El propósito de la investigación que presentamos fue analizar cómo la estrategia de formulación de preguntas mediada por la realidad aumentada influyó en el fortalecimiento del pensamiento científico en estudiantes de dos instituciones de educación pública de Colombia. Esta investigación es cualitativa y los resultados indicaron que los estudiantes apropiaron la estructura y características de las preguntas de calidad, evidenciándose una mejora en los interrogantes producidos, lo que se relaciona con una mejora en la calidad de su pensamiento; también, se observó que la mediación con la realidad aumentada contribuyó al interés, la motivación y la percepción de logro de los estudiantes.

Abstract:

Augmented reality is an emerging technology that provides educational opportunities, especially because it motivates students. The purpose of the research presented in this article was to analyze how the strategy of formulating questions, mediated by augmented reality, contributed to strengthening students' scientific thinking in two public schools in Colombia. The study is qualitative, and the results indicate that the students appropriated the structure and characteristics of the quality questions. The resulting improvement in the questions produced is associated with improved quality of student thinking. Another observation was that mediation with augmented reality had an effect on the students' interest, motivation, and perception of achievement.

Palabras clave: realidad virtual, tecnología educativa, innovaciones pedagógicas, pensamiento científico.

Keywords: virtual reality, educational technology, educational innovations, scientific thinking.

Fredy León Díaz y Paola Escobar Ibarra: egresados de maestría en la Universidad de La Sabana, Centro de Tecnologías para la Academia, Cundinamarca, Colombia. CE: fredyledi@unisabana.edu.co / paolaesib@unisabana.edu.co
Erika Duque Bedoya (autora para correspondencia): profesora en la Universidad de La Sabana, Centro de Tecnologías para la Academia. Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca, Colombia. CE: erika.duque@unisabana.edu.co

Introducción

El desarrollo del pensamiento científico es un factor importante en la formación de ciudadanos aptos para la acertada toma de decisiones y es una prioridad dentro de los lineamientos de educación en Ciencias naturales de Colombia (Ministerio de Educación Nacional, 1998). Montoya (2007) afirma que en Colombia es necesario adelantar procesos formativos que potencien el desarrollo del pensamiento, pues la educación en el país es tradicionalmente fragmentada, acrítica, desactualizada e inadecuada, lo que desmotiva la curiosidad y termina generando estructuras mentales y de comportamiento inadecuadas. Esta situación se refleja en la dificultad que demuestran los educandos para resolver problemas que requieran la aplicación del conocimiento científico, lo que afecta de manera sustancial su desempeño académico (Rodríguez, 2013). De otro lado, Bredderman (1983), Harlen (1999) y Ostlund (1998) afirman que el entrenamiento del pensamiento científico estimula el desarrollo cognitivo y el desempeño de los estudiantes en las áreas de matemáticas y ciencias. En este sentido son llamativos los resultados que obtuvieron los estudiantes colombianos en las pruebas académicas estandarizadas –Saber, *Programme for International Student Assessment* (PISA), *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) y el Segundo Estudio Regional Comparativo y Explicativo (SERCE)– que evidencian deficiencias en lo relacionado con el uso del pensamiento científico.

Los resultados de las pruebas PISA de 2012 en el componente de las Ciencias naturales, clasificaron a Colombia en el séptimo puesto en relación con los ocho países latinoamericanos participantes, evidenciando debilidades que precisan ser afrontadas. Considerando que los resultados se clasifican en 7 niveles, 19.8% de los evaluados está por debajo del nivel 1; 36.3% se ubica en el 1; 30.8% en el 2 y solamente 0.1% se encuentra entre los niveles 5 a 6 (PISA, 2012).

Para el caso de las pruebas TIMSS 2007 (no se reportan resultados en el área de Ciencias naturales para la prueba de 2011), Colombia se ubicó en el nivel bajo, con 400 puntos (siendo el puntaje promedio de 500) en dicha área. El análisis del informe revela que los estudiantes tienen nociones elementales sobre Ciencias naturales y son capaces de reconocer algunos hechos básicos sobre las Ciencias físicas y Biología, pero carecen de habilidades para aplicar y comprender procesos científicos, relacionarlos con la indagación científica básica y no demuestran conocimientos complejos y

abstractos en las áreas de Biología, Química, Física y Ciencias de la tierra (ICFES, 2010).

Las pruebas SERCE presentadas en 2006, que categorizan el desempeño en Ciencias naturales en cuatro niveles, muestran que 51.09% de los estudiantes están ubicados en el nivel 2, 31.68% en el 1 y 2.62% por debajo de este último, con apenas un 13.59% en nivel 3, lo cual implica que son capaces de comparar, ordenar e interpretar información presentada en formatos diversos (tablas, cuadros, esquemas, imágenes), reconocer relaciones de causalidad y clasificar seres vivos de acuerdo con un criterio, pero no utilizan modelos descriptivos, ni aplican o transfieren conocimientos científicos (OREALC-LLECE, 2008).

Para el caso de las dos instituciones analizadas en esta investigación, el informe de resultados de la prueba Saber 2014 para la institución 1 muestra que 7.3% de los estudiantes de quinto grado de primaria se encuentra en el rango insuficiente; 61.8% en el mínimo, 25% en el satisfactorio y únicamente 5.9% en avanzado. Esto la sitúa por debajo del rango frente a los resultados de otras instituciones educativas de carácter privado, en las cuales el rango de estudiantes en el nivel satisfactorio y avanzado es de 36% para las oficiales y de 70% para privadas (ICFES, 2016). A esto se le suma la desmotivación, desinterés y apatía por el trabajo en Ciencias naturales que muestran los alumnos, aspectos que pueden estar relacionados con las prácticas pedagógicas tradicionales y poco motivadoras.

La institución 2 en el año 2014 evidenció un bajo rendimiento en el área de Ciencias naturales comparado con los resultados obtenidos por las 20 escuelas cercanas, puesto que se ubicó en el penúltimo lugar. Asimismo, a nivel departamental, la institución se ubicó en el puesto 267 de los 351 colegios oficiales de su zona de influencia (ICFES, 2014).

Atendiendo a lo anterior, es necesario tener en cuenta que las pruebas Saber para el área de Ciencias naturales evalúan tres de las cinco competencias específicas en el área: “Identificar”, considerada como la capacidad para reconocer y diferenciar fenómenos, representaciones y preguntas pertinentes sobre dichos fenómenos; “Indagar”, definida como la capacidad para plantear preguntas o procedimientos adecuados, buscar, seleccionar, organizar e interpretar información relevante y, finalmente, “Explicar”, que busca construir y comprender argumentos, representaciones o modelos que den razón de fenómenos (ICFES, 2007). De esta manera, cuando se contrastan los resultados obtenidos con las competencias evaluadas, se

puede inferir una posible relación entre los bajos resultados y la deficiencia relacionada con el pensamiento científico.

En cuanto a la estrategia propuesta de formulación de preguntas, esta capacidad ha sido presentada como un mecanismo potenciador del pensamiento (Elder y Paul, 2002) y autores como Vogt, Brown e Isaacs (2003) afirman que la cantidad y calidad de conocimiento adquirido depende directamente de las preguntas que se formulen. El estudio realizado por Joglar y Quintanilla (2014) señala que el bajo rendimiento en las pruebas estandarizadas está relacionado con deficiencias para formular preguntas tanto en los estudiantes como en los docentes, y demuestran que los actuales procesos de enseñanza, aprendizaje y evaluación (EAE) están rezagados a cuestiones memorísticas y mecánicas que no estimulan el pensamiento científico, el cual, según los investigadores, resulta difícil de medir pues no existen indicadores que den cuenta fehaciente de su progreso. Señalan además que los estudiantes generan muy pocas preguntas en busca de conocimiento, ya que se enfocan en formularlas para llamar la atención y los docentes no promueven a conciencia esta actividad. Finalmente concluyen que la metodología de formulación de preguntas puede transformar los procesos mentales, sistematizando y elevando el pensamiento.

Autores como García y Furman (2014) señalan que los estudiantes se centraron en la formulación de preguntas que conducían a conocer una causa o un concepto proveniente del texto suministrado para el ejercicio. Además, al parecer, relacionaban la idea de investigar con la de conocer el significado de un concepto, hecho atribuible a la importancia que en las clases de Ciencias se le otorga al vocabulario científico, dejando de lado otros objetivos relevantes relacionados con el mejoramiento de habilidades del pensamiento científico. Sin embargo, luego de la aplicación de estrategias pedagógicas basadas en el modelo de enseñanza por indagación, observaron un mejoramiento notable por parte de los estudiantes en lo concerniente a la formulación de preguntas investigables. Finalmente concluyen que el docente desempeña un rol muy importante en el diseño de estrategias que inviten al educando a plantear cuestionamientos como parte necesaria de su formación y que los ubique como protagonistas en la construcción de su conocimiento.

En el ámbito colombiano es importante resaltar la investigación realizada por Calderón (2012), quien planteó fortalecer el pensamiento científico de estudiantes de quinto grado utilizando como estrategia la formulación

de buenas preguntas en un ambiente de aprendizaje presencial mediado por tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Luego de diez sesiones, evidenció que los estudiantes mostraban un cambio de actitud y una toma de conciencia frente al tipo de interrogante que realizaban o analizaban. Por otro lado, resalta que las TIC fueron mediadoras en procesos de simulación e interacción que no habrían sido posibles de otra forma. La tabla 1 muestra las características de las preguntas de buena calidad.

TABLA 1

Características de las preguntas de calidad

Característica	Descripción
Claridad	Las preguntas deben estar correctamente redactadas, de manera clara, fluida y contextualizada
Precisión	Se refiere a la exactitud y los detalles en la formulación de la pregunta, lo cual repercute en su eficiencia y motivación del pensamiento
Lógica	Es la correlación entre la estructura gramatical que debe tener una pregunta formulada y su claridad. La pregunta debe estar escrita de tal manera que se entienda lo que se desea interrogar, que no genere confusión y que sea posible responder
Generar curiosidad en el oyente	Se refiere al interés que despierta en los oyentes la pregunta formulada, esta característica busca la estimulación del pensamiento
Capacidad para evocar más preguntas	Capacidad que tiene una pregunta para generar más preguntas. Esta característica va ligada con la de generar curiosidad en el oyente

Fuente: Adaptado de Calderón (2012).

Según lo anterior la escuela, como espacio de interacción de mecanismos de pensamiento, debería propiciar ambientes que brinden herramientas para la apropiación de conocimiento en situaciones reales (Ruiz, *et al.* 2014). Desde las Ciencias naturales es necesario estructurar espacios de argumentación, debate y confrontación de opiniones a través de los cuales se puedan modificar y generar nuevas ideas (Moreno, Quintanilla y Surday, 2012) que garanticen el desarrollo del pensamiento científico para que las personas sean capaces de razonar, analizar y formar juicios de valor,

distinguiendo los argumentos válidos y las evidencias reales, con el fin de que sean más reflexivas que impulsivas. De lo contrario se conformarán con la primera explicación que reciben y no la someterán a evaluaciones, ni buscarán justificaciones (Rodríguez, 2013).

Atendiendo a lo anterior, se espera que dichos espacios sean capaces de trascender produciendo experiencias educativas novedosas y significativas. Es allí que la realidad aumentada, como herramienta mediadora, posibilita experiencias de aprendizaje *in situ*, gracias a la capacidad de combinar imágenes reales y virtuales e interactuar con ellas en tiempo real (Billingham, Kato y Myojin, 2009). Esta herramienta tecnológica cuenta con características innovadoras como la capacidad de crear un ambiente de inmersión, que mezcla objetos reales y virtuales en el mismo espacio, haciendo que las personas sean absorbidas por las actividades que realizan (Di Serio, Ibañez y Kloos, 2013). Lo anterior permite suponer que, en la educación, la mediación de esta tecnología generará resultados positivos frente a los obtenidos a través de una práctica tradicional, facilitando la interacción directa con entornos anteriormente inaccesibles para los actores de la formación (Kesim y Ozarlan, 2012). Autores como Monal, Gutiérrez y Gil (2013) sugieren que el uso de la realidad aumentada como herramienta pedagógica facilita en los estudiantes palpar desde lo digital hechos e información inaccesible de otra forma; de igual manera les podría permitir tomar posiciones activas y decisiones para promover cambios en los comportamientos habituales de su entorno. Squire y Jan (2007) sugieren que el uso de aplicaciones de realidad aumentada es una alternativa para desarrollar competencias científicas en los estudiantes, principalmente las destrezas argumentativas.

Método

Objetivos

Esta es una investigación cualitativa y sus alcances se enmarcan en tres aspectos: determinar el nivel inicial para formular preguntas de calidad, antes y después de la implementación de la estrategia; identificar los aportes de esta estrategia al fortalecimiento del pensamiento científico; y establecer la percepción de los estudiantes sobre la mediación de la realidad aumentada en cuanto a la aceptación, el interés y la motivación. El desarrollo de la investigación se sustenta en el paradigma interpretativo que se caracteriza porque no busca establecer un modelo generalizado de cómo fortalecer el

pensamiento científico, sino que se enfoca en analizar cómo las estrategias propuestas mediadas por realidad aumentada favorecen este proceso. Dichas estrategias se diseñaron de acuerdo con las características contextuales de los grupos de estudio, puesto que, como lo afirma González (2003:130), “más que privilegiar la generación de teorías se persigue transformar una realidad enmarcada y contextualizada”.

De otro lado, es posible enmarcar la investigación en el enfoque cualitativo que, de acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010:364), busca “comprender y profundizar los fenómenos, explorándolos desde la perspectiva de los participantes en un ambiente natural y en relación con el contexto”. También se incluyeron algunos instrumentos cuantitativos para la exploración inicial, ya que a medida que se desarrolló la investigación, surgió la necesidad de evidenciar el nivel de motivación que despertaba en los estudiantes la mediación con la realidad aumentada, así que se aplicó un test orientado a identificar este aspecto, no obstante, estos resultados son expuestos de manera cualitativa.

Población y muestra

La selección de los participantes obedeció a los criterios de una muestra no probabilística a conveniencia (Hernández, Fernández y Baptista, 2010) en las dos instituciones. La institución 1 está localizada en Bogotá y la 2, en una zona rural del municipio de Sogamoso. Ambas son instituciones públicas que comparten igualdad de condiciones en cuanto al estrato social, muchos estudiantes, limitaciones en recursos y tiempo. La razón por la cual se seleccionaron las poblaciones corresponde a la conveniencia de los investigadores, dado que en ellas que se tenía acceso directo en las instituciones educativas. Los estudiantes que intervinieron fueron limitados a quienes recibieron la autorización escrita de sus padres (para los menores de edad) y aquellos que manifestaron interés en participar. Para la institución 1 se seleccionó un grupo de quinto grado de primaria cuyas edades oscilaban, al momento de la investigación, entre los 10 y 12 años. En la institución 2 se seleccionó un grupo de décimo grado cuyas edades estaban entre los 15 y 19 años. De esta manera, el número de participantes fueron 32 para la institución 1 y 12 para la 2. Si bien es cierto que los estudiantes pertenecieron a instituciones y edades diferentes, esta circunstancia era motivante para abordar este trabajo, ya que permitiría validar la estrategia pedagógica utilizando realidad aumentada.

Instrumentos

Los instrumentos para la recolección de datos fueron:

Inventario de ideas previas (KPSI: Knowledge and Prior Study Inventory): se aplicó para llevar a cabo un diagnóstico de los estudiantes sobre la formulación de preguntas de calidad y sus características. El cuestionario KPSI según Tamir y Lunetta (1978) permite la evaluación autorregulada, la identificación de manera fácil y rápida de la percepción que poseen los participantes sobre sus conocimientos o habilidades. En el instrumento utilizado se les solicitó clasificar el nivel de conocimiento sobre los criterios que deben tener en cuenta a la hora de formular preguntas de calidad. Fue aplicado, en ambas instituciones, de manera previa y posterior a la implementación de la estrategia y elaborado según las características de formulación de las preguntas de buena calidad. Cada pregunta tenía cuatro posibles respuestas: “no lo sé”, “no entiendo”, “lo entiendo” y “podría explicarlo”. La tabla 2 muestra las preguntas del formulario aplicado.

Observación participante: su realización obedeció a la necesidad de reunir información sobre las relaciones que establecieron los estudiantes con las actividades propuestas, las dificultades que presentaron y los avances que evidenciaron en el fortalecimiento de sus procesos de pensamiento científico gracias a la elaboración de preguntas de calidad. Este tipo de observación permite la recolección de información de forma sistemática, reconociendo la realidad del grupo de estudio, los fenómenos e intencionalidades, todo ello teniendo presente que el investigador forma parte de la situación estudiada (Amezcuá, 2000), recopilando dichas observaciones en un diario de campo.

Entrevista semiestructurada: se realizó a todos los estudiantes con el objetivo de identificar sus percepciones sobre el trabajo desarrollado, la formulación de preguntas y la mediación de la realidad aumentada. Esta fue transcrita, categorizada y analizada para soportar las observaciones y los resultados de los cuestionarios. Este instrumento tuvo un carácter conversacional, que no busca generar opresión para facilitar la comunicación entre los participantes (Ozonas y Pérez, 2004).

Escala Atribucional de Motivación de Logro (EAML): la escala indagó sobre las consideraciones que tuvieron los estudiantes frente a la medición tecnológica de la realidad aumentada en aspectos tales como la aceptación, el interés, la motivación y el aprendizaje. Permitió identificar las expectativas y afectos de los jóvenes, al igual que sus motivaciones (Durán y Pujol, 2012).

TABLA 2
Preguntas del formulario KPSI

Ítem	Preguntas del cuestionario KPSI
1	¿Sabes qué es una pregunta de calidad?
2	¿Conoces las características de una pregunta de calidad?
3	¿Consideras que sabes formular preguntas?
4	¿Cuando escribes una pregunta te aseguras de que esté correctamente redactada, de manera clara, fluida y contextualizada?
5	¿Sabes qué significa que una pregunta esté contextualizada?
6	¿Procuras que las preguntas que formulas sean exactas proporcionando los detalles necesarios para ser respondidas?
7	¿Consideras que las preguntas que formulas están escritas de tal manera que se entiende lo que deseas preguntar y que no generan confusión?
8	¿Crees que tus preguntas despiertan curiosidad en los oyentes?
9	¿Procuras formular preguntas para que, al ser respondidas, generen otras preguntas?
10	¿Reconoces la importancia de formular preguntas de calidad para mejorar tu pensamiento?

Análisis de las evidencias de avances basada en la producción escrita de los participantes: abarcó el análisis evolutivo de las diferentes preguntas elaboradas a lo largo de las sesiones, que permitieron valorar el fortalecimiento del pensamiento científico en cuanto al análisis de los procesos que llevaron a cabo los estudiantes en la selección de palabras para indagar, el uso del lenguaje científico, la redacción, el análisis de términos relevantes y la complejidad de su pensamiento, enmarcados dentro de las características para definir una pregunta de calidad. Estas producciones permitieron evidenciar la efectividad de la estrategia de formulación de preguntas de calidad como un catalizador de los procesos de pensamiento pues, al pre-

guntar, se prepara al individuo para aprender y se estructura el intelecto (Elder y Paul, 2002).

Las preguntas realizadas en las diferentes pruebas se sometieron a validación por dos expertos quienes verificaron y validaron su complejidad, el lenguaje utilizado y la pertinencia de las mismas para la investigación.

Metodología

La estrategia de formulación de preguntas se realizó en 10 sesiones de clase durante un periodo de 5 semanas, con 2 horas semanales y distribuidas en 6 fases. Algunas actividades se diseñaron de diferente manera debido a las disparidades de edad y nivel académico de las poblaciones.

La primera fase, Diagnóstico y motivación, abarcó las dos primeras sesiones en ambas instituciones. Consistió en la realización de la prueba KPSI, características de la formulación de las buenas preguntas y una introducción sobre los usos y generalidades de la realidad aumentada por medio de las aplicaciones como los códigos QR, *Quiver* y *Aurasma*.

La segunda fase, Cuestiono la ciencia, se llevó a cabo durante la tercera sesión. En las dos instituciones se elaboraron auras con los contenidos de la temática a tratar: las fuentes de energía para la institución 1 y las leyes de los gases para la institución 2.

La tercera fase, Preguntando ando, incluyó la cuarta sesión y tuvo como objetivo enseñar a los estudiantes las características asociadas a la formulación de preguntas de calidad por medio de “infografías aumentadas” para ambas instituciones.

La cuarta fase del proceso, Pruebo y compruebo, se llevó a cabo en la quinta sesión y su objetivo era generar en los estudiantes la capacidad de seleccionar las preguntas adecuadas para la búsqueda de información con base en los criterios que las caracterizan.

La quinta fase, Socializo y replanteo, incluyó las sesiones sexta, séptima y octava. Su objetivo era reevaluar las preguntas entre pares.

La sexta y última fase, Evalúo, se llevó a cabo durante la novena sesión y su finalidad fue identificar el progreso de los estudiantes en lo relacionado con la habilidad para formular preguntas aplicando el postest. Además, se socializaron los videos y se les solicitó responder un cuestionario para evaluar la percepción sobre el uso de la realidad aumentada como herramienta mediadora. La tabla 3 muestra las actividades realizadas para cada fase en las dos instituciones.

TABLA 3

Descripción de las actividades por fase

Fases	Sesión	Meta	Actividades efectuadas
1. Diagnóstico y motivación	1, 2	Identificar el nivel de conocimiento de los estudiantes sobre la formulación de preguntas; sensibilizar a los estudiantes sobre el uso de la realidad aumentada	<ol style="list-style-type: none"> 1. Aplicación del test diagnóstico (instituciones 1 y 2) 2. Se observaron dos videos relacionados con la formulación de preguntas y se efectuó una lluvia de ideas para recoger las principales ideas y concluir (instituciones 1 y 2) 3. Introducción a las aplicaciones de RA a través de videos, explicación de los docentes sobre el funcionamiento de los códigos QR y Aurasma (instituciones 1 y 2) 4. Los estudiantes divididos en grupos manipularon las aplicaciones de RA, leyeron códigos QR de algunos productos comerciales y generaron de manera aleatoria auras y códigos QR. (instituciones 1 y 2)
2. Cuestiono la ciencia	3	Determinar la habilidad de los estudiantes para formular preguntas de calidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Institución 1: los estudiantes en grupos de 3 leyeron las auras diseñadas con Aurasma relacionadas con las fuentes de energía 1. Institución 2: los estudiantes en grupos de 4 leyeron las auras diseñadas con Aurasma y observaron videos de experimentos de laboratorio que demostraban las leyes de los gases 2. Cada grupo de estudiantes de las dos instituciones, luego de observar los videos, formularon y enviaron a sus docentes 10 preguntas a través del correo electrónico. En la institución 2 las preguntas debían enfocarse hacia la interpretación de los experimentos de las leyes de los gases
3. Formulando ando	4	Enseñar las características de las preguntas de calidad	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se envió a los estudiantes una infografía aumentada (compuesta por auras y códigos QR) que contenía información de las características para formular preguntas de calidad. Los estudiantes escanearon cada uno de los recursos proporcionados y elaboraron un mapa conceptual (instituciones 1 y 2). 2. Los estudiantes retomaron las preguntas planteadas y verificaron el cumplimiento de los aspectos relacionados en la infografía, seleccionando las preguntas que cumplían con las especificaciones (instituciones 1 y 2)
4. Pruebo y compruebo	5	Reconocer las características de las preguntas de calidad a través de la reformulación	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la institución 1 se realizó una carrera de observación: los estudiantes debían buscar a través de los códigos QR, preguntas que cumplieran con las características de calidad y consignarlas en su cuaderno para su posterior análisis 1. En la institución 2: los estudiantes retomaron las preguntas formuladas en la segunda fase y las replantearon luego de identificar las deficiencias 2. En ambas instituciones: los estudiantes analizaron las preguntas, identificando y clasificando las que cumplían con las características, justificándolas

(CONTINÚA)

TABLA 3 / CONTINUACIÓN

Fases	Sesión	Meta	Actividades efectuadas
5. Socializo y replanteo	6,7,8	Identificar entre pares las deficiencias de las preguntas formuladas con el fin de analizarlas de manera constructiva	<ol style="list-style-type: none"> 1. En la institución 1 se le entregó a cada uno de los estudiantes un código QR con el propósito de escanearlo en su casa con ayuda de sus padres, para leer la pregunta, determinar si era de calidad y si fuera el caso, replantearla. Luego redactaron las conclusiones y las enviaron al docente 1. En la institución 2 las preguntas reformuladas fueron distribuidas en los diferentes grupos para evaluarlas con base en los conceptos adquiridos 2. En la institución 2, los estudiantes comunicaron a sus compañeros los aciertos y desaciertos encontrados en las preguntas formuladas, a través de videos a partir de los cuales elaboraron códigos QR que publicaron en el blog
6. Evalúo	9 y 10	Identificar el progreso de los estudiantes en lo relacionado con la habilidad para formular preguntas	<ol style="list-style-type: none"> 1. Se solicitó a los estudiantes la prueba post test (instituciones 1 y 2) 2. Se socializaron y realimentaron las evidencias de las actividades (instituciones 1 y 2). 3. Se solicitó a los estudiantes el cuestionario EAML para identificar su percepción sobre el uso de la RA como herramienta mediadora (instituciones 1 y 2)

Es importante considerar que la realidad aumentada es una tecnología que combina los objetos reales con los virtuales, pueden ser videos, imágenes, texto o modelos 3D, de manera simultánea, con el fin de crear una mezcla entre ambos y puede visualizarse en teléfonos móviles, tabletas y computadoras (Kesim y Ozarlan, 2012). Funciona con base en dos objetos: el primero es el que se desea proyectar en realidad aumentada y puede ser un recurso multimedia como texto, imagen o video. El segundo es un disparador o código que se asocia al primer objeto mediante un *software* de realidad aumentada y que es leído por un dispositivo (el teléfono celular, por ejemplo). Este interpreta el disparador y lo traduce al objeto que quiere proyectarse, mostrándolo en la pantalla del dispositivo. En el caso de la aplicación Aurasma, el objeto producido en realidad aumentada se denomina “aura” y consiste en la proyección tridimensional del recurso multimedia.

Resultados y discusión

Formulación de preguntas de calidad: en este apartado se presentan los resultados del cuestionario KPSI aplicado para las dos instituciones en prueba diagnóstica y prueba posterior, como lo indica la tabla 4.

TABLA 4

Resultados pruebas pre y post del cuestionario KPSI para las dos instituciones

Pregunta cuest. KPSI	Escala	Institución 1 n=32			Institución 2 n=12		
		Pre-test Núm. respuestas	Post-test Núm. respuestas	Dif	Pre-test Núm. respuestas	Post-test Núm. respuestas	Dif
Pregunta 1	No lo sé	3	0	-3	1	0	-1
	No entiendo	14	3	-11	4	0	-4
	Lo entiendo	14	19	5	5	7	2
	Podría explicarlo	1	10	9	2	5	3
Pregunta 2	No lo sé	6	0	-6	3	0	-3
	No entiendo	12	3	-9	2	0	-2
	Lo entiendo	13	18	5	7	6	-1
	Podría explicarlo	1	11	10	0	6	6
Pregunta 3	No lo sé	4	0	-4	0	0	0
	No entiendo	12	5	-7	3	0	-3
	Lo entiendo	15	17	2	9	8	-1
	Podría explicarlo	1	10	9	0	4	4
Pregunta 4	No lo sé	5	0	-5	3	0	-3
	No entiendo	16	7	-9	5	0	-5
	Lo entiendo	10	21	11	4	10	6
	Podría explicarlo	1	4	3	0	2	2
Pregunta 5	No lo sé	5	0	-5	1	0	-1
	No entiendo	17	9	-8	5	1	-4
	Lo entiendo	9	17	8	6	8	2
	Podría explicarlo	1	6	5	0	3	3
Pregunta 6	No lo sé	6	0	-6	2	0	-2
	No entiendo	13	8	-5	7	0	-7
	Lo entiendo	12	18	6	3	11	8
	Podría explicarlo	1	6	5	0	1	1

(CONTINÚA)

TABLA 4 / CONTINUACIÓN

Pregunta cuest. KPSI	Escala	Institución 1 n=32			Institución 2 n=12		
		Pre-test	Post-test	Dif	Pre-test	Post-test	Dif
		Núm. respuestas	Núm. respuestas		Núm. respuestas	Núm. respuestas	
Pregunta 7	No lo sé	6	0	-6	2	0	-2
	No entiendo	13	2	-11	6	0	-6
	Lo entiendo	12	25	13	4	8	4
	Podría explicarlo	1	5	4	0	4	4
Pregunta 8	No lo sé	6	1	-5	4	0	-4
	No entiendo	17	11	-6	3	1	-2
	Lo entiendo	8	19	11	5	9	4
	Podría explicarlo	1	1	0	0	2	2
Pregunta 9	No lo sé	5	2	-3	5	0	-5
	No entiendo	19	10	-9	4	1	-3
	Lo entiendo	7	19	12	3	9	6
	Podría explicarlo	1	1	0	0	2	2
Pregunta 10	No lo sé	1	0	-1	1	0	-1
	No entiendo	13	1	-12	3	0	-3
	Lo entiendo	17	22	5	8	4	-4
	Podría explicarlo	1	9	8	0	8	8

Comparando los resultados de las pruebas, inicial y final, en las dos instituciones, se observa el progreso que aceptan haber tenido los estudiantes, tal como lo evidencia la tabla 4. La diferencia negativa indica una disminución numérica en los resultados de los criterios “no lo sé” y “no lo entiendo” con respecto a la prueba final, indicando que la percepción frente a estos ítems mejoró. Asimismo, la diferencia positiva indica un aumento numérico en relación con los criterios “lo entiendo” y “podría explicarlo” con respecto a la prueba inicial, mostrando también una mejora en la percepción frente

al conocimiento previo, lo que indica que los estudiantes se apropiaron del concepto de las preguntas de calidad, sus características y los criterios para elaborarlas, lo que se evidenció también durante las observaciones participantes realizadas.

Durante los trabajos en grupo, los estudiantes fueron capaces de aclarar entre ellos cómo debía ser una pregunta de calidad y durante los procesos de revisión de las preguntas señalaron cuáles características se cumplían y cuáles no, corrigiéndose entre ellos y aportando al desarrollo de la actividad. Asimismo, fue evidente que a medida en que avanzaba la implementación, los estudiantes generaron conciencia de la necesidad de aclarar sus cuestionamientos, de revisar los enunciados que hacían y ajustarlos, se ocuparon en pulir los detalles dentro de sus preguntas para evitar malas interpretaciones o recibir respuestas equivocadas, de ahí que el tiempo utilizado para construir una pregunta también aumentó. Sin embargo, en lo referente a las categorías relacionadas con despertar curiosidad y generar más preguntas, los avances fueron más modestos en el grupo de primaria (institución 1), a diferencia del de secundaria, que consiguió producir preguntas que cumplieran con dicho criterio (institución 2).

Por otro lado, durante el proceso de revisión de las preguntas generadas se evidenció la comprensión sobre los criterios de formulación de buena calidad, ya que los estudiantes seleccionaron las preguntas correctas y además proponían correcciones a aquellas que no contaban con los requisitos buscados y se percibió un cambio de actitud, disposición, uso del lenguaje e interés y afirmaron que dicho procedimiento los invitaba a pensar más y mejor.

Finalmente, durante las entrevistas los estudiantes reconocieron entender cómo son las preguntas de calidad, señalando aspectos relacionados con el hecho de que son más complejas, que cumplen unas características específicas y que se debe seguir ciertas condiciones para elaborarlas; además, hacían alusión a que antes no tenían claro cuál era el procedimiento para formularlas; de acuerdo con ello, se presentaron afirmaciones como “son las que nos hacen pensar”; “permiten que aprendamos de verdad”; “para hacer una pregunta se necesita pensar más que para responderlas”.

En la entrevista surgió una categoría emergente en relación con la manera en la cual los docentes formulan sus preguntas en las pruebas periódicas, puesto que los estudiantes presentaron posturas críticas no solo con las preguntas que ellos mismos producían sino además con las que debían

responder, señalando que si tenían presentes las características estudiadas, evidenciaban que algunos profesores tampoco se preocupan por cumplir con dichas condiciones, como se muestra en las siguientes afirmaciones: “un profe nos preguntó ¿Colombia tiene las cordilleras? y el profe esperaba que le dijéramos cuáles pero, la mayoría respondimos: pues sí”; “los profes también deben revisar las preguntas que hacen, muchas veces no son precisos”.

Lo anterior coincide con lo presentado por los autores Joglar y Quintanilla (2014) quienes afirman que los docentes no están capacitados para formular preguntas de calidad puesto que se basan en su propio parecer, desconociendo sus características. Por tanto, es necesario que cuenten con esta competencia. Asimismo, es posible suponer que estudiantes críticos y conscientes de su aprendizaje podrían ayudar a fortalecer la calidad educativa de sus instituciones.

Identificación de los aportes de la estrategia de formulación de preguntas de calidad mediada por realidad aumentada para el fortalecimiento del pensamiento científico. A continuación, se presentan los hallazgos identificados luego del análisis de las preguntas que formularon los estudiantes durante las diferentes fases del proyecto. La tabla 5 establece una comparación entre algunas de las primeras preguntas formuladas y las que se elaboraron a medida que se avanzaba en la estrategia. Se utilizó una rúbrica en donde se consideraban los cinco aspectos que determinan una pregunta de calidad.

Las preguntas iniciales eran confusas, podrían ser respondidas de muchas formas y eran difíciles de responder sin pedir explicaciones adicionales. Luego del desarrollo de la estrategia, las preguntas resultantes fueron mucho más estructuradas, elaboradas con un lenguaje comprensible y unos límites dentro de los cuales se puede llegar a responder. Además, permiten la formulación de otras preguntas que despiertan el interés por profundizar sobre dicho tema, notándose que los estudiantes integraron en sus formulaciones los aspectos buscados dentro de la estrategia implementada. Este progreso puede relacionarse con un fortalecimiento significativo en sus habilidades del pensamiento científico, afirmación apoyada por Elder y Paul (2002), García y Furman (2014), Joglar y Quintanilla (2014), quienes reconocen en este proceso un potenciador del pensamiento que privilegia las habilidades cognitivas superiores.

TABLA 5

Ejemplos de preguntas realizadas por los estudiantes antes y después de las estrategias mediadas por realidad aumentada

Aspecto evaluado	Preguntas formuladas durante la fase 2	Preguntas formuladas durante las fases 4 y 5
Claridad	1. ¿Cómo se crea la energía?	1. ¿Cómo funciona la energía eólica?
Precisión	2. ¿Qué produce la energía?	2. ¿Cómo hacemos que un carro se mueva con la energía eléctrica?
Lógica	3. ¿El sol es la fuente de energía más importante?	3. ¿Cómo podemos almacenar la energía solar?
Generar curiosidad en el oyente	4. ¿Qué es el petróleo?	4. ¿Es verdad que los dinosaurios se transformaron en petróleo?
Capacidad para evocar más preguntas	5. ¿Los átomos forman energía?	5. ¿Cómo se produce la energía nuclear?

Percepción de los estudiantes sobre la mediación de la realidad aumentada en la estrategia educativa propuesta. A continuación se presentan los resultados de la encuesta efectuada con base en la Escala Atribucional de Motivación de Logro (EAML). De acuerdo con este análisis, se observó que la utilización de la realidad aumentada –como herramienta tecnológica mediadora en las clases de Ciencias– permite potenciar y efectivizar los objetivos de aprendizaje, como lo sugiere Basogain, *et al.* (2007) en cuanto a que las interacciones producidas por estas nuevas herramientas facilitan la comprensión de aspectos relacionados con la ciencia. La tabla 6 muestra los resultados de la encuesta para las dos instituciones, de acuerdo con la categoría de análisis y la valoración o calificación del aspecto (en escala de 1 a 9).

Los resultados muestran que los estudiantes consideraron que el uso de la realidad aumentada fue útil como herramienta mediadora del aprendizaje (pregunta 1), además les motivó a aprender con esta tecnología (pregunta 11) y a culminar las actividades iniciadas (pregunta 9), notando que se presentó una dificultad media en el uso de la herramienta (pregunta 2), por lo que es indispensable el acompañamiento del docente a la hora de

efectuar estas actividades de mediación tecnológica, por lo menos mientras aprenden a utilizarla.

TABLA 6

Encuesta para las dos instituciones con respecto a la mediación con realidad aumentada

Categoría de análisis	Preguntas del cuestionario	Valoración en escala 1 a 9	
		Promedio instituc. 1 n=32	Promedio instituc. 2 n=12
Aceptación	Utilidad de esta herramienta de RA para mediar el aprendizaje	7.5	7.9
	Grado de dificultad en el uso de la herramienta de RA	4.6	5.5
	Grado de conocimiento en tecnología para utilizar la herramienta de RA	6.0	6.2
Aprendizaje	Conducta al resolver un problema difícil a través de la herramienta de RA	7.3	7.4
	Frecuencia de terminar con éxito una tarea utilizando la herramienta de RA	6.8	6.8
	Facilidad/dificultad de las tareas escolares que realizas a través de la RA	6.5	6.5
	Probabilidad de aprobar la asignatura si utiliza esta herramienta	6.8	7.2
Interés	Persistencia después que no ha conseguido hacer una tarea relacionada con el uso de la herramienta de RA o ha salido mal	7.0	5.8
	Exigencias impuestas respecto al estudio a través de la herramienta de la RA	6.2	6.7
	Interés por estudiar a través de la herramienta de RA	7.1	6.8
	Ganas de aprender a través de la herramienta de RA	7.3	7.4
	Capacidad para estudiar a través de esta tecnología	7.2	7.5

Lo anterior también se evidenció durante las observaciones registradas en las sesiones de estudio, ya que se notó en los estudiantes la motivación para superar los obstáculos, finalizar las tareas y responder a los temas presentados a la hora de plantear las preguntas, esto es: para formular un

interrogante de calidad primero fue preciso apropiarse del tema, influyendo positivamente la mediación de la realidad aumentada. Esto es soportado por Rodríguez y Santillana (2013), quienes informaron que luego de la utilización de la estrategia de realidad aumentada, esta tecnología les facilitaba el aprendizaje y tuvieron una impresión positiva al observar a todos los integrantes centrando su atención en la práctica.

En cuanto a la percepción de éxito al realizar alguna tarea (pregunta 7) y la capacidad propia de estudiar gracias a la mediación con la realidad aumentada (pregunta 12) de acuerdo con los resultados, los estudiantes manifestaron confiar en que pueden adquirir las habilidades necesarias para superar satisfactoriamente la asignatura utilizando esta tecnología. De forma similar, durante las observaciones se pudo apreciar que se esforzaban por completar las tareas propuestas con el uso de la realidad aumentada, superando las dificultades que se presentaron a nivel técnico, como la orientación de la cámara o la disponibilidad de conexión a internet. Lo anterior coincide con lo indicado por Bressler y Bodzin (2013), quienes señalaron dentro de sus hallazgos que, gracias a la mediación de la realidad aumentada, los estudiantes mostraron mayor satisfacción a la hora de desarrollar las actividades propuestas.

La mayoría de los participantes consideraron sentir interés por estudiar utilizando esta tecnología (pregunta 10). De forma similar, durante las observaciones realizadas los jóvenes manifestaron una buena disposición por realizar las tareas solicitadas y además mantuvieron centrada su atención en las actividades escolares planteadas. Así, se sintieron motivados por el uso de la herramienta durante la utilización de la esta estrategia, incrementando su ánimo por completar las actividades y, por consiguiente, su satisfacción; sin embargo es necesario mencionar que inicialmente la presencia de dicha tecnología impactó de manera negativa, ya que generó desorden en el grupo de estudio pues todos querían manipular los dispositivos, esto se solucionó luego de hacer una sensibilización, asignar roles y establecer dinámicas de participación.

De igual manera durante la entrevista, los estudiantes manifestaron que la realidad aumentada les llamó la atención, pues la forma de visualizar los contenidos y realizar las actividades fue novedosa y, por lo tanto, todos querían utilizarla y experimentar con ella. Adicionalmente, el uso de esta tecnología les motivaba a realizar los trabajos propuestos, pues su curiosidad era alta frente a las diferentes posibilidades “ocultas” dentro de

los marcadores utilizados. Frente a lo expuesto anteriormente, son varios los autores (Hsiao, Chen y Huang, 2010; Bressler y Bodzin, 2013; Cai, Wang y Chiang, 2014; Chiang, Yang y Hwang, 2014; Lu y Liu, 2015) que señalan un aumento del interés en los estudiantes por el desarrollo de actividades académicas que sean mediadas por la realidad aumentada, pues son novedosas, interactivas, diferentes y atractivas. De forma similar Cai, Wang y Chiang (2014) señalan una mejora significativa en la motivación de sus educandos, resaltan además progresos sustanciales en los resultados académicos de aquellos con bajo rendimiento.

Por consiguiente y de acuerdo con los resultados, los estudiantes consideraron la realidad aumentada como una tecnología interesante en la medida que incrementa su motivación y ganas por aprender, situación expuesta por Adelantado (2015), quien afirma que esta tecnología puede considerarse como “una herramienta muy útil para aprender ciencia”, puesto que los educandos se divierten y disfrutan el desarrollo de las actividades mediadas por esta tecnología, lo que conlleva a un incremento de su interés.

En consecuencia, la incorporación de la realidad aumentada como herramienta mediadora en la estrategia pedagógica propuesta se evidencia como una buena alternativa para fortalecer y favorecer los aprendizajes en el área de Ciencias naturales y en el desarrollo del pensamiento científico, lo cual coincide con lo expuesto por Chiang, Yang y Hwang (2014) y Lu y Liu (2014), quienes afirman que el uso de esta tecnología incrementa los logros académicos, evidenciando un aumento en la motivación, confianza y atención de quienes se ven enfrentados a las actividades mediadas por la realidad aumentada.

Conclusiones

La estrategia de formulación de preguntas de calidad mediada por realidad aumentada fortaleció el pensamiento científico en los estudiantes propiciando procesos cognitivos superiores necesarios a la hora de construir interrogantes (Joglar y Quintanilla, 2014). Tal como lo afirma Freire y Faundez (1986), la pregunta hace que el estudiante sea consciente de su propio aprendizaje y así pueda encontrar soluciones creativas. Asimismo, cuando el estudiante asimila la estructura, características y el proceso de preguntar con calidad, ejercita el pensamiento porque los interrogantes son el motor que lo acciona (Elder y Paul, 2002); por otro lado, como lo afirman Chin y Osborne (2008) la habilidad de formular buenas preguntas

es un aspecto relevante en los procesos de aprendizaje de las Ciencias naturales, ya que a través de ellas se pretende que sean individuos críticos del conocimiento científico. De acuerdo con los hallazgos presentados, se evidenció que los estudiantes percibieron un aumento significativo en las capacidades relacionadas con la formulación de preguntas de calidad y el manejo de sus características.

También fue posible evidenciar que el desarrollo de las capacidades para formular preguntas de calidad se relaciona directamente con la edad de desarrollo mental de los participantes, puesto que los estudiantes de primaria demostraron mayores dificultades en el manejo de las características de contextualización y evocación de más preguntas, que los de secundaria. Esto lo sustenta Piaget (1976) al argumentar que, en esta etapa de crecimiento, los sujetos no han desarrollado aún el pensamiento inductivo deductivo.

Adicionalmente los estudiantes reconocieron en el proceso de formular preguntas una actividad que demandaba mayores niveles de pensamiento que no habían requerido hasta ese momento, señalando que era necesario comprender muy bien el tema para poder enunciar adecuadamente los cuestionamientos; en consecuencia, fue perceptible el cambio de actitud, disposición, uso de lenguaje e interés durante el proceso de formación, lo cual se sustenta a través de sus afirmaciones durante la entrevista en donde declararon que la elaboración de preguntas los forzaban a pensar y a analizar a profundidad los temas y conceptos.

Durante el análisis de los interrogantes se evidenció una mejora progresiva en el proceso de formulación relacionado con la integración de las características concernientes a una pregunta de calidad. Lo anterior sugiere que los estudiantes adquirieron conscientemente esta estructura reconociendo su importancia ya que afirmaron que los había hecho pensar, entender y construir interrogantes complejos que evidencian un manejo adecuado de las temáticas presentadas. De forma similar, Calderón (2012) afirmó que sus educandos se habían hecho conscientes a la hora de construir cuestiones durante las clases y fueron capaces de identificar las generales diferenciándolas de las que requerían un proceso científico.

Se identificaron los aportes de la estrategia de formulación de preguntas de calidad mediada por realidad aumentada al fortalecimiento del pensamiento científico de los grupos, porque se evidenció la apropiación de la estructura de las preguntas y sus características, logrando formular interrogantes adecuados e identificar aquellos que no cumplen los criterios

planteados. Lo anterior permite concluir que gracias a la estrategia, los estudiantes logran desarrollar capacidades para la construcción, el análisis y selección de interrogantes atendiendo a las características planteadas, lo que conlleva a un fortalecimiento de su pensamiento científico.

De acuerdo con la percepción de los estudiantes sobre la mediación de la realidad aumentada en la estrategia educativa propuesta, se evidencia que un alto porcentaje consideró útil la herramienta en sus procesos de aprendizaje, ya que las actividades que la incorporan resultan menos aburridas, más dinámicas y motivadoras y por lo tanto más eficientes en cuanto al alcance de los objetivos de las acciones se refiere. Lo anterior es sustentado por Moreno, Leiva y López (2016), quienes afirman que los estudiantes son capaces de desarrollar competencias basadas en el descubrimiento, la investigación y la construcción del conocimiento de una forma dinámica, creativa y reflexiva utilizando realidad aumentada.

Con base en lo anterior, es posible concluir que la realidad aumentada –como tecnología mediadora– facilita el acercamiento a los procesos orientados al fortalecimiento del pensamiento científico, permitiendo a los estudiantes interactuar con distintos tipos de información, mostrándola en formas diferentes a las habituales, facilitando el acercamiento a los temas de estudio y sus explicaciones y dinamizando el trabajo en general.

De otro lado, Moreno, Leiva y López (2016) afirman que para conseguir la utilización de herramientas tecnológicas emergentes –como la realidad aumentada– es necesario diseñar prácticas pedagógicas innovadoras soportadas en procesos pedagógicos y didácticos que privilegien la creatividad y el aprendizaje. Lo anterior se pudo evidenciar en la manera como los estudiantes asimilaban los conceptos relacionados con las características que debe cumplir una pregunta de calidad y la forma como practicaron dichos conocimientos al formular, analizar y corregir las diferentes preguntas a lo largo del proceso.

Referencias

- Adelantado, Mireia (2015). *Implementando el Mobile Learning: mejorando la comprensión de la Física y la Química. Materiales didácticos*, tesis de maestría, Universitat Jaume I. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10234/133727>.
- Amezcuza, Manuel (2000). “El trabajo de campo etnográfico en salud. Una aproximación a la observación participante”, *Revista Index de Enfermería*, vol. 9, núm. 30, pp. 30-35.
- Basogain, Xavier; Olabe, Miguel; Espinosa, Koldobika; Rouèche, C. y Olabe, J.C. (2007). “Realidad aumentada en la educación: una tecnología emergente”, *Online Educa Madrid*

- 2007: 7ª Conferencia Internacional de la Educación y la Formación Basada en las Tecnologías, pp. 24-29. Madrid. Disponible en: <https://realidadfuturista.wordpress.com/2016/04/08/realidad-aumentada-en-la-educacion-una-tecnologia-emergente/>
- Billinghurst, Mark; Hirokazu, Kato y Seiko, Myojin (2009). "Advanced interaction techniques for augmented reality applications", *Proceedings of the 3rd International Conference on Virtual and Mixed Reality*, pp. 13-22.
- Bredderman, Ted (1983). "Effects of activity-based elementary science on student outcomes: A quantitative synthesis", *Review of Educational Research*, vol. 53, núm. 4, pp. 499-518.
- Bressler, Denisse y Bodzin, Alec (2013). "A mixed methods assessment of students' flow experiences during a mobile augmented reality science game", *Journal of Computer Assisted Learning*, vol. 29, pp. 505-517. DOI: 10.1111/jcal.12008
- Cai, Su; Wang, Xu y Chiang, Feng (2014). "A case study of augmented reality simulation system application in a chemistry course", *Computer in Human Behavior*, vol. 37, pp. 31-40.
- Calderón, Sonia (2012). *Preguntar bien para preguntar mejor*, tesis de maestría en Informática, Chía: Universidad de La Sabana.
- Chiang, Tosti; Yang, Stephen y Hwang, Gwo (2014). "An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activities", *Educational Technology & Society*, vol. 17, núm. 4, pp. 352-365.
- Chin, Christine y Osborne, Jonathan (2008). "Problem students' questions: a potential resource for teaching and learning science", *Studies in Science Education*, vol. 44, núm. 1, pp. 1-39.
- Di Serio, Ángela; Ibáñez, María y Kloos, Carlos (2013). "Impact of an augmented reality system on students' motivation for a visual art course", *Computers & Education*, vol. 68, pp. 586-596.
- Durán, Emilia y Pujol, Lydia (2012). "Diferencias de género y área de estudio en las atribuciones causales de estudiantes universitarios", *Revista Anales de la Universidad Metropolitana*, vol. 12, núm. 2, pp. 39-51.
- Elder, Linda y Paul, Richard (2002). "El arte de formular preguntas esenciales. Basado en conceptos de pensamiento crítico y principios socráticos", *Foundation for critical thinking*, (en línea). Disponible en: <https://www.criticalthinking.org/resources/PDF/SP-AskingQuestions.pdf>.
- Freire, Paulo y Faundez, Antonio (1986). *Hacia una pedagogía de la pregunta*, Buenos Aires: La Aurora.
- García, Sandra y Furman, Melina (2014). "Categorization of questions posed before and after inquiry-based learning", *Revista Praxis y Saber*, vol. 5, núm. 10, pp. 75-91.
- González, Alfredo (2003) "Los paradigmas de investigación en las ciencias sociales", *Revista Islas*, vol. 45, núm 138, pp. 125-135.
- Harlen, Wynne (1999) "Purposes and procedures for assessing science process skills and practice", *Assessment in Education*, vol. 6, núm. 1, pp. 129 -144.
- Hernández, Roberto; Fernández, Carlos y Baptista, María del Pilar (2010). *Metodología de la investigación*, Ciudad de México: Mc Graw Hill.

- Hsiao, Huei; Chen, Nian-Shing y Huang, Shih-Yu (2010). “Learning while exercising for science education in augmented reality among adolescents”, *Interactive Learning Environments*, vol. 20, núm. 4, pp. 331-349.
- ICFES (2007). *Marco teórico de las pruebas de ciencias naturales*, Bogotá: Grupo de procesos editoriales ICFES. Disponible en: http://www.colombiaprende.edu.co/html/competencias/1746/articles-335459_pdf_2.pdf (consultado: 10 de febrero de 2015).
- ICFES (2010). *Resultados de Colombia en TIMSS 2007. Resumen ejecutivo*, Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Disponible en: <http://aplicaciones2.colombiaprende.edu.co/ntg/ca/Modulos/magnitudes/docs/ResultadosdeColombiaenTIMSS2007.pdf> (consultado: 10 de febrero de 2015).
- ICFES (2014). *Resultados pruebas Saber*, Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Disponible en: <http://www.icfesinteractivo.gov.co/resultados> (consultado: 10 de febrero de 2015).
- ICFES (2016). *Resultados pruebas Saber*, Bogotá: Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior. Disponible en: <http://www2.icfesinteractivo.gov.co/ReportesSaber359/> (consultado: 10 de febrero de 2015).
- Joglar, Carol y Quintanilla, Mario (2014). “Aprendiendo a promover competencias científicas escolares mediante el diseño de preguntas con sentido”, en M. Quintanilla (coord.), *Las competencias de pensamiento científico desde ‘las emociones, sonidos y voces’ del aula*, núm 1, Santiago de Chile: Andros, pp. 121-153.
- Kesim, Mehmet y Ozarslan, Yasin (2012). “Augmented reality in education: current technologies and the potential for education”, *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, vol. 47, pp. 297-302.
- Lu, Su y Liu, Ying (2015). “Integrating augmented reality technology to enhance children’s learning in marine education”, *Environmental Education Research*, vol. 21, núm. 4, pp. 525-541.
- Ministerio de Educación Nacional (1998). *Lineamientos curriculares: Ciencias naturales y educación ambiental*, Bogotá: Ministerio de Educación Nacional. Disponible en: <https://www.mineducacion.gov.co/1621/article-89869.html> (consultado: 30 de enero de 2015).
- Monal, Jesús; Gutiérrez, Martha y Gil, Hernán (2013). “La enseñanza y el aprendizaje de la gestión ambiental con apoyo de realidad aumentada y el desarrollo de habilidades de pensamiento social en estudiantes de educación básica”, en J. Díaz (coord.), *Medios de comunicación y pensamiento crítico: Nuevas formas de interacción social*, Madrid: Universidad de Alcalá, pp. 99-106.
- Montoya, Javier (2007). “Acercamiento al desarrollo del pensamiento crítico, un reto para la educación actual”, *Revista Virtual Universidad Católica del Norte*, núm. 21.
- Moreno, Eduardo; Quintanilla, Mario y Surday, Alberto (2012). “Concepciones epistemológicas del profesorado de biología en ejercicio sobre la enseñanza de la biología”, *Revista Ciência & Educação*, vol. 18, núm. 4, pp. 875-895.
- Moreno, Nohelia; Leiva, Juan y López, Eloy (2016). “La realidad aumentada como tecnología emergente para la innovación educativa”, *Revista Notandum*, núm. 44-45, pp. 125-140.
- OREALC-LLECE (2008). *Los aprendizajes de los estudiantes de América Latina y el Caribe. Resumen ejecutivo del primer reporte de resultados del segundo estudio regional comparativo*

- y explicativo, Santiago de Chile: Salesianos impresiones. Disponible en: <http://unesdoc.unesco.org/images/0016/001606/160659s.pdf> (consultado: 30 de enero de 2015).
- Ostlund, Karen (1998). "What the research says about science process skills", *EJSE Electronic Journal of Science Education*, vol. 2, núm. 4, pp. 1-8.
- Ozonas, Lidia y Perez, Alicia (2004). "La entrevista semiestructurada. Notas sobre una práctica metodológica desde una perspectiva de género", *La Aljaba*, vol. 9, núm 5, pp. 198-203.
- Piaget, Jean (1976). *Desarrollo cognitivo*, España: Fomtaine.
- PISA (2012). *Results in focus: what 15-year-olds know and what they can do with what they know* (en línea). Disponible en: <http://www.oecd.org/pisa/keyfindings/pisa-2012-results-overview.pdf> (consultado: 10 de febrero de 2015).
- Rodríguez, B. (2013). *El desarrollo del pensamiento científico en las clases de ciencias de séptimo a duodécimo grado: un estudio de caso*, tesis doctoral, Universidad Metropolitana.
- Rodríguez, Rosalino y Santillana, Rafael (2013). "ARLAB: Laboratorio con realidad aumentada. Tecnológico de Monterrey", México: Tecnológico de Monterrey repositorio.
- Ruiz, María José; Bermejo, Rosario; Ferrando, Mercedes; Prieto, María Dolores y Sainz, Marta (2014). "Intelligence and scientific-creative thinking: their convergence in the explanation of students' academic performance", *Electronic Journal of Research in Educational Psychology*, vol. 12, núm 2, pp. 283-302.
- Squire, Kurt y Jan, Mingforn (2007). "Mad city mystery: developing scientific argumentation skills with a place-based augmented reality game on handheld computers", *Journal of Science Education and Technology*, vol. 16, núm. 1, pp. 5-29.
- Tamir, Pinchas y Lunetta, Vincent (1978). "An analysis of laboratory activities in the BSCS", *The American Biology Teacher*, vol. 40, pp. 426-428.
- Vogt, Eric; Brown, Juanita e Isaacs, David (2003). *The art of powerful questions: catalyzing insight*, Greenbrae, Ca.: Whole Systems Associates.

Artículo recibido: 18 de mayo de 2017

Dictaminado: 2 de abril de 2018

Segunda versión: 3 de mayo de 2018

Aceptado: 9 de mayo de 2018