

# Formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM

Jaime Andrés Carmona M.<sup>1</sup>

Juliana Arias S.<sup>2</sup>

Jhony Alexander Villa O.<sup>3</sup>

Universidad de Antioquia – Colombia

La literatura reporta la necesidad de formar profesores para integrar la Educación STEAM y se registra el Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) como una metodología privilegiada para ese fin. Por lo tanto, se desarrolló esta investigación que tuvo como objetivo la implementación y evaluación de una propuesta curricular para la formación inicial de profesores en el ABP para el diseño de lecciones STEAM. Para el análisis y por ende de los componentes del ABP que estos reflejaban, se retomó y amplió la rúbrica ABPMap. Se concluye que la propuesta de formación tangencial implementada, favoreció que los futuros profesores se apropiaran de forma orgánica del ABP y reflejaran algunos de sus componentes en los diseños de lección STEAM.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la década de 1990, ante los problemas de una sociedad cada vez más cambiante y globalizada, se gestó en los Estados Unidos un movimiento que buscaba fortalecer el desarrollo y la interacción entre las disciplinas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas; en coherencia con ello, se introdujo el acrónimo STEM. Este movimiento gubernamental buscó fortalecer la mano de obra, los productos y procesos en las disciplinas que lo componen (Iammartino et al., 2016; Schlenker, 2015; Sjoquist y Winters, 2015). Motivado por problemáticas y propósitos similares, en el 2011, Corea extiende el acrónimo a STEAM y lo convierte en tema crucial para el sistema educativo del país (Hong, 2016; Yakman y Lee, 2012). Si bien en su génesis estos acrónimos tienen un beneficio para las élites políticas y económicas globales, se han generado iniciativas que aprovechan el enfoque interdisciplinario que se proponen para resolver problemas que enfrenta nuestra sociedad actual (Chesky y Wolfmeyer, 2015).

De acuerdo con Yakman y Lee (2012), el enfoque interdisciplinario de la Educación STEAM fomenta en las aulas una articulación profunda entre las disciplinas que componen el acrónimo: Ciencias (lo que existe naturalmente y cómo se ve afectado), Tecnología (las modificaciones del entorno para satisfacer las necesidades y deseos humanos), Ingeniería (enfoque sistemático e iterativo para diseñar objetos, procesos y sistemas), Matemáticas (el estudio de los números, las relaciones simbólicas, los patrones, las formas, la incertidumbre y el razonamiento) y finalmente, Arte (lenguaje, estética, deporte, historia, política, sociología). En coherencia con estos autores, la “A” en el acrónimo involucra el desarrollo humano y social que sugiere otras discusiones frente a cómo las áreas sociales buscan involucrarse en estas lógicas interdisciplinares.

Un ejemplo del enfoque interdisciplinario de la Educación STEAM se encuentra en la investigación de Kim y Chae (2016), quienes diseñaron lecciones STEAM que permitieron a estudiantes de secundaria aprender sobre principios científicos, ingenieriles y tecnológicos al explorar las tradiciones musicales de Corea. Estos autores, al igual que Ozkan y Topsakal (2017), reportan como aspectos positivos la motivación, el compromiso y la aceptación que los estudiantes tienen por este enfoque interdisciplinario. A pesar de ello, uno de los principales desafíos para lograr una mayor implementación de la Educación STEAM en los sistemas educativos se encuentra en la formación de profesores (Cheong y Boo, 2015; Kim y Bolger, 2017); sin embargo, la investigación es escasa (Moon y Kang, 2015; Park et al., 2016).

En coherencia con lo anterior, Hong (2016) reporta que entre las principales necesidades en la formación de profesores para la integración de Educación STEAM aparecen: las dificultades para seleccionar los temas apropiados, integrar dos o más materias, desarrollar materiales educativos y evaluar clases. El desarrollo de proyectos es una de las principales estrategias para implementar la educación STEAM en la cotidianidad escolar; en coherencia con ello, Domènech, Lope y Mora (2019) informan que el Aprendizaje Basado en Proyectos (en adelante ABP) también es una metodología privilegiada en la formación de profesores para el diseño de lecciones con enfoque interdisciplinar.

En coherencia con los anteriores planteamientos, desde hace más de cinco años se viene integrando experiencias interdisciplinares en los cursos de un programa de formación de profesores en matemáticas de la Universidad de Antioquia. Estas experiencias incluyen el desarrollo de proyectos en los cursos de modelación matemática (Curso: Seminario de Especialización I) y de integración de tecnologías (Cursos: Seminario de Especialización II y Tecnologías en Educación Matemática). Estos cursos se ubican en los dos últimos años del plan de estudios de los estudiantes (futuros profesores) y tienen entre sus propósitos promover la reflexión sobre las *experiencias* vividas en los cursos previos sobre el aprendizaje de las matemáticas y promover experiencias que les permitan comprender otras formas de conocimiento. Los futuros profesores deben desarrollar proyectos como una de las principales estrategias que

<sup>1</sup> [jandres.carmona@udea.edu.co](mailto:jandres.carmona@udea.edu.co)

<sup>2</sup> [juliana.arias2@udea.edu.co](mailto:juliana.arias2@udea.edu.co)

<sup>3</sup> [jhony.villa@udea.edu.co](mailto:jhony.villa@udea.edu.co)

busca la participación autónoma de los estudiantes, en ese sentido, los contextos y problemas surgen a partir del interés y del consenso con el equipo de trabajo. Parte de los aprendizajes de los futuros profesores se debe reflejar en el diseño de planes de clase o lecciones. El presente estudio tuvo como objetivo la implementación y evaluación de una propuesta curricular para la formación inicial de profesores en el ABP para el diseño de lecciones STEAM.

## 2. FORMACIÓN INICIAL DE PROFESORES EN EL APRENDIZAJE BASADO EN PROYECTOS

El concepto de aprendizaje a través de proyectos se remonta a principios del siglo XVIII, pero su uso para potenciar los procesos educativos ganó popularidad desde 1918 después de la publicación del método de proyecto de Kilpatrick (Pecore, 2015). Hacia finales del siglo XX, el método del proyecto resurgió en revistas y números especiales con la denominación de ABP (Pecore, 2015). En este proceso de reaparición emergen diferentes denominaciones que reflejan multiplicidad de matices. Por ejemplo, Duarte y colaboradores (2016) identifican variaciones como el Aprendizaje Basado en la Investigación, Aprendizaje Basado en Problemas y el Aprendizaje basado en el Diseño. De igual forma, Pecore (2015) también señala el Aprendizaje Basado en Retos, Aprendizaje Basado en el Lugar y Aprendizaje Basado en Actividades.

Si bien existe una multiplicidad de matices, la raíz principal y de mayor investigación es el ABP. El ABP centra la atención en unificar el aprendizaje teórico y práctico en el desarrollo de algunas de las habilidades para el Siglo XXI como el pensamiento crítico, la colaboración o la autorregulación, así como favorecer la competencia comunicativa y la creatividad (Alonso, 2018; Cascales, Carrillo y Redondo, 2017). Al respecto, Ausín y colaboradores (2016) informan que el ABP fomenta, a partir de un enfoque interdisciplinario, el *aprendan a aprender* y el trabajo colaborativo por grupos para buscar soluciones a un problema real. En ese sentido, se incorporan desafíos de la vida real donde el enfoque está en problemas o preguntas auténticos (no simulados) y donde las soluciones tienen el potencial de ser implementadas en el contexto donde tiene génesis el desafío (Thomas, 2000). Para Torregro y Martínez (2018), el ABP no es sólo una forma de organizar los procesos educativos, sino que tiene como finalidad el desarrollo de independencia, responsabilidad y la práctica de modos de comportamiento social y democrático.

El ABP es considerado una innovación en Educación Superior (Márquez y Jiménez, 2014; Martí et al., 2010; Raquel, 2012), que puede ser utilizada para la formación inicial de profesores (Cascales et al., 2017; Gómez et al., 2018; Toledo y Sánchez, 2018). De acuerdo con Thomas (2000), el ABP es central al currículo, no periférico, por ello favorece el aprendizaje de los conceptos y principios centrales de las disciplinas a través de los proyectos. Además, los proyectos tienden a ser a largo plazo, requieren trabajo colaborativo y concluyen en un producto final (Toledo y Sánchez, 2018). Por lo tanto, es posible afirmar que favorece la atención de las principales necesidades en la formación de profesores para la integración de la Educación STEAM: las dificultades para seleccionar los temas apropiados, integrar dos o más materias, desarrollar materiales educativos y evaluar clases (Hong, 2016).

En el ámbito de la Educación Matemática existen propuestas para integrar la metodología de proyectos y otros procesos matemáticos, por ejemplo, la modelación matemática (Aravena, Caamaño y Giménez, 2008). En este ámbito, los “proyectos de modelación” han sido una fuente inagotable de investigación puesto que permite experiencias de primera mano en la que los conocimientos matemáticos se articulan a otros conocimientos tanto de las ciencias y la ingeniería como de los contextos y la cotidianidad (Villa y Berrío, 2015; Rendón, Esteban, Villa, 2016). Estos proyectos se caracterizan por poner al estudiante en el centro de la actividad que se realiza; su participación se focaliza en la elección del problema a resolver, en el diseño y ejecución de las trayectorias de solución, en la construcción, argumentación y comunicación de las soluciones encontradas.

A pesar de que el aprendizaje a través de proyectos es una estrategia desarrollada de forma amplia y defendida en la literatura, su integración en el aula representa un desafío para profesores e investigadores. Por ejemplo, Rendón-Mesa y colaboradores (2016) informaron que cuando los estudiantes tienen pocas experiencias con el desarrollo de proyectos, tienden a verlos como “una tarea escolar más” y se preocupan por dar una *aparente solución*, pero los conocimientos se usan de manera artificial o cosmética. Para superar esto, los autores proponen cuatro componentes en el desarrollo de proyectos; a saber, la contextualización (los proyectos deben responder a necesidades del contexto e intereses de los estudiantes), problematización (los profesores y demás estudiantes cuestionan de forma continua la pertinencia de los desarrollos planteados y su uso para responder a la problemática), interacción con expertos (conocedores del contexto, especialistas en otras áreas y otros profesores participan en diferentes momentos del desarrollo de los proyectos) y el diálogo entre disciplinas (los conocimientos de otras áreas del conocimiento se deben reconocer, no subordinar y usarse acorde con las necesidades que emergen en el proyecto). Estas componentes han sido implementadas con estudiantes de ingeniería y recientemente en la implementación de proyectos con futuros profesores de matemática.

En relación con la implementación del ABP en la formación de profesores, pueden reconocerse dos tendencias: la primera, a través de vivir la experiencia de desarrollar proyectos (Ausín et al., 2016; Fernández y Reinoso, 2017; Torres, 2010) y, la segunda, formación en el ABP para el diseño de lecciones (Alonso, 2018; Cascales et al., 2017; Duarte et al., 2016). Además, se reporta que la rúbrica es el instrumento más utilizado para evaluar los logros en

ambas tendencias (León, Martínez y Santos, 2018). En particular, la presente investigación se enmarca en la formación en el ABP para el diseño de lecciones STEAM y utiliza una rúbrica para valorar dicho diseño. A continuación, se amplían ambos aspectos en el apartado metodológico.

### 3. MÉTODO

#### 3.1 Propuesta de formación inicial de profesores basada en proyectos para el diseño de lecciones STEAM

Una de las principales dificultades que se enfrenta en la formulación de propuestas curriculares para la formación de profesores es el rechazo que hacia metodologías que se presentan como externas a sus intereses y motivaciones. Por ello, es necesario implementar propuestas educativas que aminoren los efectos de proyectos concentradas solo en la acumulación de conocimiento académico e incluyan el aprendizaje práctico, la observación y análisis de casos concretos (Duarte et al., 2016; Martínez, Raposo y Doval, 2014). En este tipo de propuestas los futuros profesores, más que dar etiquetas a una determinada metodología, reconocen la potencialidad que representa su implementación en el sistema educativo (Torrego y Martínez, 2018).

En coherencia con lo anterior, Domènech et al (2019) y Gómez et al (2018) informan que los profesores presentan un consenso positivo en relación a las fortalezas pedagógicas y necesidades formativas derivadas del ABP. Además, Thomas (2000) y Gómez y colaboradores (2016) documentan que la mayoría de los profesores reconocen aspectos como planificación, gestión o evaluación de proyectos educativos derivados del ABP. Como consecuencia, se registra en la literatura una línea de investigación donde la formación en el ABP se orienta de forma tangencial, en procura de que su implementación en diseños de lecciones emerja de manera orgánica (Barba, Sonllewa y García, 2018).

La propuesta que se diseñó en este estudio se orientó a una formación tangencial en el ABP en un curso regular de un programa de formación de profesores de matemáticas de la Universidad de Antioquia en Medellín. El curso se desarrolla durante 64 horas, 4 por semana y tiene como producto final el diseño de una lección STEAM. Los futuros profesores pueden elegir nivel de escolaridad y el periodo académico sobre el cual potencialmente implementarían su diseño. A lo largo del curso, los futuros profesores discuten temáticas como el Pensamiento Computacional (Carmona y Cardona, 2019), Robótica Educativa (Carmona et al., 2019), Educación STEAM y viven la experiencia de desarrollar un proyecto de libre elección, donde se solicita entregar un producto (p.j. sensor de humedad casero) y explicitar las disciplinas que lograron conectar a lo largo del proceso.

El proyecto se desarrolló a partir de la séptima semana de clase, con una duración de cuatro semanas y una intensidad de una hora semanal; en la última se presentaron los proyectos desarrollados en este periodo y se discutieron las conexiones disciplinares identificadas. Paralelamente, en el séptimo y noveno encuentro se contó con la visita de profesores e investigadores expertos, quienes presentaron y discutieron con los futuros profesores proyectos que han diseñado e implementado en el sistema escolar colombiano. Con esta formación se procuró que los futuros profesores identificaran el potencial del ABP para favorecer la interdisciplinariedad y lo articularan de forma orgánica en el diseño de lecciones STEAM solicitado al final del curso. Para ello, en ningún momento se solicitó que dichas lecciones reflejaran un ABP.

#### 3.2 Rúbrica para evaluar la propuesta curricular y valorar el diseño de lecciones STEAM

Con el propósito de evaluar la propuesta curricular previamente descrita y el enfoque interdisciplinario alcanzado en el diseño de lecciones STEAM, se retomó la rúbrica ABPMap (Domènech, 2018; Domènech et al., 2019). Esta rúbrica (descargable: <https://bit.ly/2BcXRLd>) es un instrumento que incluye el análisis de seis componentes didácticos (*Contexto, Conflicto, Discurso, Contenidos, Apertura, Interdisciplinariedad*) relacionados con el ABP y el ámbito STEM y cuatro niveles para cada componente (Domènech, 2018). El instrumento se ha testeado satisfactoriamente en diversos estudios, por ejemplo, Domènech et al. (2019) analizaron 87 proyectos derivados de una formación de profesores sobre el ABP STEM. Los autores reportan que por medio de la rúbrica ABPMap lograron realizar una caracterización de cuatro tipos de proyectos. En coherencia con lo anterior, la rúbrica ABPMap se constituyó como un recurso importante para valorar la propuesta curricular implementada en esta investigación permitiendo comprender la apropiación lograda por los profesores del ABP y cómo se reflejan las componentes del mismo en el diseño de lecciones STEAM; también permitió una valoración de la potencialidad o no de una propuesta de formación de profesores en el ABP de forma tangencial.

El sexto componente didáctico de la rúbrica ABPMap que refiere a la *interdisciplinariedad* se limita a la participación de las disciplinas que componen el acrónimo STEM (una, dos, tres, cuatro o más). En la perspectiva de este estudio se consideró que las expectativas del enfoque interdisciplinario de la Educación STEAM van más allá de la *presencia* de las disciplinas en la experiencia (Kim y Chae, 2016; Yakman y Lee, 2012); por tanto, se requirió hacer ampliaciones a la rúbrica en cuanto a la capacidad descriptiva de este componente. Para lograrlo, se retomó la taxonomía propuesta por Thompson (2010). Para el autor, la integración de las disciplinas es la *prueba de fuego* para la interdisciplinariedad y construye una tipología que se compone de tres niveles de integración: multidisciplinar, interdisciplinar y

transdisciplinar. Por lo tanto, más que considerar la cantidad de disciplina del acrónimo STEAM, se analizó el tipo de integración que se evidenciaba en las lecciones (Tabla 1).

**Tabla 1.** Rúbrica ABPMap ajustada

Componente	Nivel componente			
	1	2	3	4
Contexto	El proyecto solo tiene sentido dentro del aula. No incorpora formatos ni elementos del mundo real. Contexto como pretexto.	Se incorporan materiales o voces del mundo real (noticias, formatos...). Contexto y rol del alumnado no verosímil.	El proyecto tiene sentido en el mundo real, del que emerge e incorpora elementos. El contexto y los roles del alumnado son verosímiles.	El proyecto impacta en el mundo real, en el que tiene sentido y utilidad. El contexto y los roles del alumnado son reales.
Conflicto	El conflicto a resolver no instrumentaliza los contenidos. Podría resolverse con contenidos distintos sin ningún problema.	Los contenidos están en la periferia del conflicto. Una gran parte de ellos se encuentra fuera y se trata de refilón.	Los contenidos están en el núcleo del conflicto y son esenciales para resolverlo. Una parte del conflicto debe resolverse con otros elementos.	Contenidos y conflicto están identificados los unos con el otro.
Discurso	La actividad de los estudiantes es de juego, búsqueda y reproducción de datos, representación de información, sin ningún proceso STEAM específico.	Se aplican de manera pautada para la obtención de datos procesos y formatos propios de las áreas STEAM (diseñar experimentos, hacer prototipos, hacer conjeturas).	Se aplican procesos y formatos propios de las áreas STEAM para argumentar a partir de datos y construir conocimiento.	Se aplican dinámicas epistémicas propias de las áreas STEAM para la evaluación y validación de conocimiento.
Contenidos	Los contenidos son transmitidos o reproducidos.	Los contenidos son aplicados y desarrollados de forma parcial e informal.	Los contenidos son contruidos y desarrollados de forma parcial y formalizados activamente.	Los contenidos son contruidos y desarrollados de forma completa y formalizados.
Apertura	El proyecto consiste en una sucesión de tareas completamente cerradas.	Los estudiantes pueden tomar alguna decisión dentro de las tareas y participan en la evaluación a partir de criterios preestablecidos.	Los estudiantes planifican la consecución de los objetivos, deciden productos y evaluación.	Los estudiantes deciden temática y planificación del proyecto.
Integración	<i>Monodisciplinar:</i> predomina una disciplina y la integración aparece como un pretexto.	<i>Multidisciplinar:</i> es la yuxtaposición de disciplinas, y los conceptos conservan su identidad original.	<i>Interdisciplinar:</i> es explícita en los enlaces entre las diferentes disciplinas.	<i>Transdisciplinar:</i> trascendente y es transgresora. Su integración fomenta nuevos marcos metodológicos y teóricos.

Una *integración multidisciplinar* se define como una yuxtaposición de disciplinas que aparecen separadas, los conceptos conservan su identidad original y la estructura del conocimiento no es amplia (Thompson, 2010). En ese sentido, las disciplinas STEAM en el diseño de lecciones se alinean de forma paralela, como una secuencia intencionada, pero no interaccionan entre ellas. Para Thompson (2010), una *integración interdisciplinar* es explícita en los enlaces entre las diferentes disciplinas y las preguntas no son específicas para una disciplina aislada. Adicionalmente, esta integración se puede generar entre disciplinas con métodos, paradigmas o epistemologías compatibles o no. En este sentido, las disciplinas STEAM presentadas en el diseño de lecciones favorecen una comprensión holística de la pregunta o problema transversal.

De acuerdo con Thompson (2010), la *integración transdisciplinar* trasciende y es transgresora. Además, es una integración que fomenta nuevos marcos metodológicos y teóricos para definir y analizar los factores sociales, económicos, políticos, ambientales e institucionales en la salud y el bienestar. Al respecto, el diseño de lecciones STEAM trasciende el estrecho alcance de las cosmovisiones tradicionales de cada disciplina a una integración sistemática del conocimiento, que fomenta nuevos paradigmas teóricos. Complementario a la taxonomía de Thompson (2010) y como nivel inicial en el componente didáctico de *interdisciplinaridad*, se caracteriza la *integración monodisciplinar* y antecede la multidisciplinar. Se caracteriza porque predomina una disciplina que, para el caso de este estudio, son las Matemáticas por tratarse de un curso en un programa de formación de futuros profesores en esta disciplina, y la integración aparece como un pretexto o contexto para aprender de la disciplina predominante. Por lo tanto, el diseño de lección STEAM en este nivel se orienta de forma consciente o inconsciente hacia las Matemáticas.

En síntesis, la rúbrica ABPMap ajustada de la Tabla 1 permitió comprender qué elementos del ABP, derivados de la propuesta curricular, se reflejan en el diseño de lecciones STEAM. Además, admitió identificar el nivel de integración, más que la cantidad de disciplinas, en el enfoque interdisciplinario alcanzado por los futuros profesores en los diseños de lección STEAM.

#### 4. RESULTADOS

En el estudio participaron 19 futuros profesores de matemáticas que construyeron en total siete diseños de lecciones STEAM. En la Tabla 2 se presenta la codificación utilizada, las síntesis y las disciplinas integradas en cada diseño de lección STEAM. Esta tabla permite identificar que todos los diseños de lección STEAM incluyen las matemáticas, como

es de esperarse por ser su disciplina de formación. Sin embargo, llama la atención el D6 que presenta una interacción no tan marcada en las matemáticas como los demás. Incluso, hasta cierto punto, es difusa la presencia de contenidos y procesos en D6. Por otra parte, en la Tabla 2 se observa que todos los diseños reflejan de forma notable el componente tecnológico, cuatro incluyen las artes (D2, D3, D4 y D5) y solo D5 se aproxima a los procesos ingenieriles. Además, D1 y D7 (T-M) son los únicos diseños que se limitaron a dos disciplinas, D2 (T-A-M), D4 (T-A-M) y D6 (S-T-M) integran 3 disciplinas y únicamente D3 (S-T-A-M) y D5 (T-E-A-M) incluyen 4 disciplinas.

**Tabla 2.** Diseños de lecciones STEAM derivadas de la implementación

Codificación	Síntesis	Disciplina STEAM
D1	Se presenta un diseño de lección para desarrollar el pensamiento computacional con y sin ordenador en estudiantes de cuarto grado de básica primaria. Para ello, la propuesta fue dividida en dos momentos: el primero hace énfasis en el uso del pensamiento computacional sin ordenador, reconociendo su ventaja para la enseñanza de algunos conceptos matemáticos como los números binarios, y, en el segundo momento, se propone una serie de actividades empleando el lenguaje de programación Scratch para promover el aprendizaje de las magnitudes de tiempo, masa o peso y longitud. Por último, se presenta una propuesta evaluativa teniendo en cuenta las competencias computacionales y matemáticas desarrolladas.	T-M
D2	Se plantea un diseño de lección estructurada con el fin de desarrollar diferentes procesos, encaminados a la generación y fortalecimiento del pensamiento computacional en niños y niñas de los grados sexto y séptimo de básica secundaria. Específicamente, entre la séptima y octava semanas del proceso escolar. Se proyecta la generación de diferentes procesos matemáticos como el razonamiento, la solución de problemas, la comunicación, entre otros. Para llevar a cabo el desarrollo de competencias en pensamiento computacional, se plantean una serie de actividades estructuradas con la utilización de recursos tecnológicos como Scratch y Arduino. Además, estrategias como el Origami para trabajar aspectos relacionados con la forma de abordar un problema y la organización sistemática de un conjunto de pasos.	T-A-M
D3	Se describe el diseño de una lección para proceso escolar que consta de 10 semanas, propuesto para una Institución Educativa rural específica del Departamento de Antioquia, Colombia. El diseño se proyecta mediante una experiencia para el aprendizaje de conceptos matemáticos a través del cultivo de papas en la huerta escolar y a partir de actividades prácticas y explicativas. En este diseño se vinculan, además de las matemáticas, otras áreas del conocimiento como las ciencias naturales y la tecnología (robótica) y se enfoca el desarrollo del Pensamiento Computacional, entendido como un proceso sistémico.	S-T-A-M
D4	En este diseño de lecciones se utilizan dispositivos y aplicativos como GPS, Geogebra y Google Earth e integra los Estándares Básicos de Competencias, Derechos Básico de Aprendizaje y algunas de las competencias del pensamiento computacional, con el objetivo de trabajar los números racionales. Los futuros profesores afirman que para la comprensión de estos números se deben integrar diferentes procesos, por ello, este diseño los aborda de una manera transversal, no solo desde los diferentes pensamientos del área de matemáticas, sino como tema articulado a las ciencias sociales y naturales. De esta manera, esperan lograr comprensiones amplias de los conceptos y vinculadas a otras disciplinas.	T-A-M
D5	Este diseño de lecciones fue distribuido en 3 fases, que tienen por objetivo implementar procesos de gamificación para trabajar el pensamiento espacial en el grado quinto de básica primaria a través del videojuego Minecraft. Se procura desarrollar el pensamiento espacial al identificar elementos bidimensionales de formas geométricas -paso de las tres dimensiones a dos dimensiones- y por medio de diseños arquitectónicos de planos de casas, para identificar las características bidimensionales en planos arquitectónicos para la construcción de edificaciones en el juego Minecraft -paso de las dos dimensiones a las tres dimensiones-.	T-E-A-M
D6	El presente diseño de lección se plantea el desarrollo de un curso básico de electricidad y electrónica, con el propósito de trabajar con los estudiantes de educación media el manejo interno y sistemático de los principales componentes de un aparato electrónico (electrodomésticos y demás). Se pretende con este diseño reconocer comportamientos sistemáticos, identificar patrones y realizar conjeturas acerca de los laboratorios y procedimientos de montajes utilizados en el diseño. De acuerdo con el futuro profesor, este diseño se articula con las necesidades actuales de los estudiantes y permite el desarrollo de capacidades que cada día toman más potencia en el mundo de las comunicaciones.	S-T-M
D7	El diseño de lección es una propuesta de enseñanza que, aprovechando las posibilidades que proporcionan algunos recursos informáticos, pretende promover la comprensión de conceptos de área y perímetro en estudiantes de grado octavo. Con ello, lograr un acercamiento a competencias propias del pensamiento computacional vinculadas a procesos de solución de problemas. Se incluye en el diseño una serie de actividades que involucran nociones de área y perímetro, enmarcadas en un conjunto de situaciones cercanas a la cotidianidad de los estudiantes.	T-M

Es importante destacar que D4 explicita la inclusión de la normativa colombiana para el sistema escolar cuando refiere los Estándares y DBA. De igual forma, D1 es el único que desarrolla de forma detallada una propuesta evaluativa entre las disciplinas articuladas (T-M). Para los autores de D1, esto se logró gracias a que asumen la evaluación como un proceso formativo e integral, no solo como el resultado final de un producto, y en donde se tiene en cuenta todos los desarrollos realizados a lo largo del diseño propuesto. De acuerdo con Carmona-Mesa, Salazar y Villa-Ochoa (2018) y Drijvers et al. (2016), D1 permite identificar una diferencia entre evaluar los conocimientos matemáticos *con* y *a través* de la tecnología.

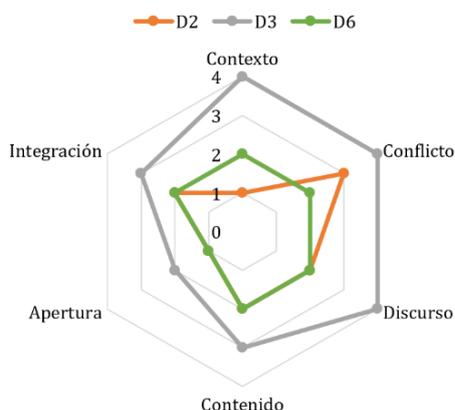
Por su parte, D3 se identifica como el diseño con mayor vínculo con el contexto, pues a partir de la huerta escolar busca que los estudiantes usen instrumentos computacionales para medir algunas magnitudes propias. En palabras

de Rendón-Mesa et al. (2016) la presencia de las magnitudes tiempo, masa, peso y longitud en el contexto no fueron solo *cosméticas*, sino que cumplían un rol funcional dentro del mismo; es decir, permitían resolver parte de las tareas que se involucraban en el contexto. La Tabla 3 presenta las valoraciones alcanzadas por cada diseño de lección STEAM en los niveles para los componentes de la rúbrica ABPMap ajustada, donde el valor máximo que podría alcanzar un diseño es de 24. Al respecto, D2 y D6 obtuvieron una valoración total de 11, D1 y D5 registraron valores de 17, D4 y D7 alcanzaron una valoración de 18 y D3 registró el valor más alto de todos los diseños (20). Estos datos permiten informar que los diseños se encuentran en valores intermedios de la rúbrica ABPMap ajustada.

**Tabla 3.** Valores para cada diseño a partir de la rúbrica ABPMap ajustada

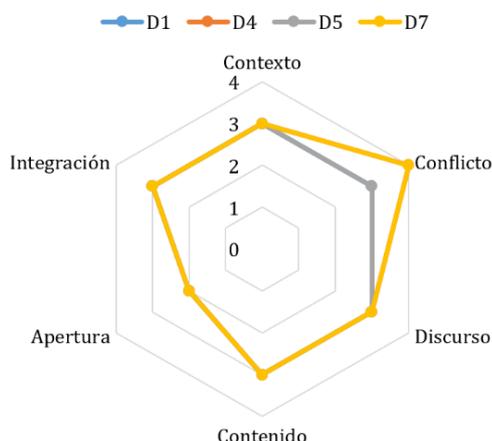
Componentes didácticos	Diseños de lecciones STEAM						
	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7
Contexto	3	1	4	3	3	2	3
Conflicto	3	3	4	4	3	2	4
Discurso	3	2	4	3	3	2	3
Contenidos	3	2	3	3	3	2	3
Apertura	2	1	2	2	2	1	2
Integración	3	2	3	3	3	2	3
Total	17	11	20	18	17	11	18

La Figura 1 muestra los valores de los diseños más bajos (D2 y D6) y el más alto (D3). Si bien D2 y D3 alcanzan la misma puntuación, muestran diferencias en los valores de contexto y conflicto. Además, se observa que los tres diseños conservan una relación en la tendencia de los valores, mayores en *contexto*, *conflicto* y *discurso*; y en contraste, menores en *integración*, *apertura* y *contenido*. En particular, *apertura* conserva la tendencia más baja.



**Figura 1.** Valores para D2, D3 y D6 en la rúbrica ABPMap ajustada

La Figura 2 presenta los valores alcanzados en los diseños D1, D4, D5 y D7. D1 y D5 tuvieron la misma valoración y por tanto se muestran en el mapa con el color de gris, al igual que D4 y D7, que son representados por el color naranja. Por lo tanto, solo se observan dos colores en la figura. Adicionalmente, se observa una tendencia menor el componente *apertura* y mayor a *conflicto*.



**Figura 2.** Valores para D1, D4, D5 y D7 en la rúbrica ABPMap ajustada

Finalmente, la Figura 3 permite corroborar el comportamiento en tendencias identificado previamente. Se evidencia una tendencia marcada de valores altos en todos los diseños para los componentes didácticos *contexto*, *conflicto* y *discurso*. En contraste, se ratifica una tendencia significativamente baja en el componente *apertura*, que registra como valor máximo el 2. Para el componente *integración* y *contenido* se verifica una tendencia intermedia, pues los valores

se mantienen entre 2 y 3. Además, el componente *contexto* agrupa un movimiento significativo en los valores alcanzados por los diseños; si bien se corrobora una tendencia hacia valores altos, el espectro de estos se moviliza entre 1 y 4.

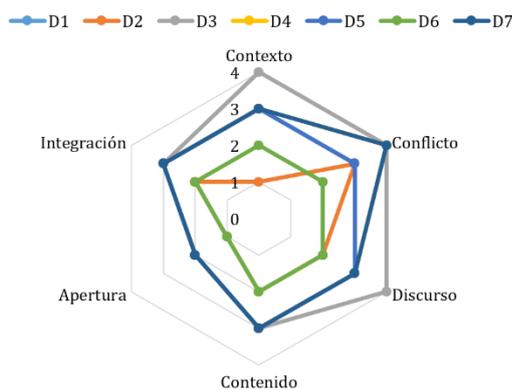


Figura 3. Valores para todos los diseños en la rúbrica ABPMap ajustada

## 5. DISCUSIÓN

Si bien el diseño de lección de los futuros profesores de matemáticas tiene aspectos susceptibles de mejorar, es importante destacar que se logró analizar todos los diseños mediante los niveles asignados a cada componente didáctico (Tabla 3). Esto permite informar que la propuesta de formación favoreció que los futuros profesores se apropiaran de forma orgánica del ABP y reflejaran algunos de sus componentes en el diseño de lección solicitado como producto final en el curso. De igual forma, que los futuros profesores más que dar una etiqueta metodología ABP, reconocieron las potencialidades que representa su integración en los diseños (Torrego y Martínez, 2018).

En línea con lo anterior y de acuerdo con Duarte et al. (2016) y Martínez et al. (2014), se puede conjeturar que el aprendizaje práctico a través de vivir la experiencia del desarrollo de un proyecto (desarrollado entre la séptima y novena semana) y la observación y análisis de casos concretos propuestos por profesores e investigadores con experiencia en la temática (visitantes al curso), se constituyen como insumos importantes en la propuesta de formación. Además, se destaca que los futuros profesores permearon sus diseños con una planificación y gestión articulada con las políticas públicas en educación del país y detallaron una propuesta evaluativa entre las disciplinas articuladas (Tabla 2), aspectos que corroboran los resultados de los estudios de Thomas (2000) y Gómez et al. (2016); y se reconoce como una necesidad de formación para integrar la Educación STEAM (Hong, 2016).

El componente didáctico *contexto* proponía el análisis de la relación lograda entre el diseño de lección y el mundo real. Al respecto, los valores fluctuantes entre 1 y 4 dan cuenta de que se logran incorporar de forma parcial desafíos de la vida real y los roles de los estudiantes no siempre son verosímiles (Ausín et al., 2016). Sin embargo, el caso de D3 se resalta por el sentido y utilidad que tiene el diseño para la institución rural donde fue proyectado (Thomas, 2000). Estos resultados sugieren que las experiencias que viven los futuros profesores en el curso requieren de un acompañamiento más fuerte que les permita crear vínculos más profundos con el contexto, al respecto, la problematización y la interacción con expertos pueden ser dos componentes que aporten a este propósito, tal y como lo hicieron en el estudio de Rendón y colaboradores (2016).

En relación al componente *conflicto*, se proponía analizar el rol de los contenidos en relación al desafío de la vida real. En ese sentido, los valores (Tabla 3) se encuentran en gran medida entre 3 y 4 (menos para D6 que fue de 2), por lo tanto, y de acuerdo con Thomas (2000), el currículo no es periférico en los diseños y favorece el aprendizaje de los conceptos y principios centrales de las disciplinas estudiadas. Adicional a estos resultados, se resalta que en los proyectos diseñados por los futuros profesores el vínculo entre los *contenidos* y el *conflicto* pone de relieve un carácter funcional de los conocimientos, es decir, estos conocimientos emergen y son usados para atender las necesidades y tareas del contexto y los problemas que en este se ubican. Este vínculo e interrelación entre los contenidos se resalta como positivo, pues son una base para que las diferentes disciplinas puedan usarse sin subordinarse entre sí (Villa y Berrío, 2015).

Por su parte, el *discurso* pretendía identificar el nivel de incidencia de la información registrada en la construcción del conocimiento. En esta línea, y al registrar valores en una tendencia de 3 y 4 (Tabla 2), se corrobora que los diseños permeados por el ABP se proyectan a largo plazo y tienen como finalidad un producto que refleja la apropiación conceptual (Toledo y Sánchez, 2018). Además, la constante de la tecnología en todos los diseños (Tabla 2) permite informar que los futuros profesores logran integrarla en las lecciones como parte constitutiva de la construcción del conocimiento disciplinar (Carmona, Salazar y Villa, 2018). Si bien existen diferentes niveles de integración de la tecnología, en los proyectos diseñados por los futuros profesores se observa un interés por trascender un uso domesticado (Borba y Villarreal, 2005).

El componente *contenido* procuraba considerar el nivel de formalización conceptual de las disciplinas integradas en el diseño. Los niveles alcanzados mantienen valores intermedios de 2 y 3 (Tabla 3), lo cual sugiere que si bien se unifican aprendizajes teóricos y prácticos (Alonso, 2018), es necesario ampliar en experiencias que permitan un desarrollo conceptual más profundo, en particular, en las disciplinas diferentes a la de formación profesional, en nuestro caso, las matemáticas.

Sin embargo, a pesar de que los futuros profesores logran reconocer la importancia de los proyectos para promover el desarrollo de conceptos en algunas de las áreas STEAM, estos desarrollos aún parecen vincularse con una epistemología dominante hacia el *aplicacionismo* (Barquero, Bosch y Gascón, 2014); es decir, los contenidos aparecen dentro de los proyectos como aplicaciones *per se*, de un conocimiento previamente construido, como lo afirman los autores, *en su caso más extremo, aparecen como una simple «ejemplificación» de las herramientas matemáticas en ciertos contextos extra-matemáticos artificialmente construidos con este propósito* (p. 89). Si bien en los proyectos desarrollados los contenidos no aparecen como ejemplificación, si es claro que se requieren de mayores oportunidades para que los futuros profesores vean en los proyectos la posibilidad de construcción de conocimiento. Por otro lado, el análisis a los diseños de los proyectos de estos futuros profesores evidencia que aún son difusas habilidades como el pensamiento crítico, la autorregulación y la creatividad, reconocidas como fundamentales en el ABP (Cascales, Carrillo y Redondo, 2017).

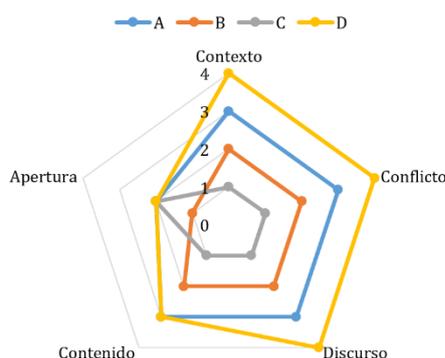
El componente *apertura* es el que se registra más bajo entre todos, valores de 1 y 2 (Tabla 3). Este componente buscaba analizar el protagonismo de los estudiantes en el diseño de lecciones STEAM. En consecuencia, los diseños de los futuros profesores no reflejan con claridad el desarrollo de independencia y responsabilidad en el estudiante, consideradas como una de las finalidades del ABP (Torrego y Martínez, 2018). Además, los valores registrados permiten corroborar que el componente *apertura* puede ir en contra del despliegue en los componentes *discurso*, *conflicto* y *contenidos* (Domènech, 2018).

De acuerdo con Carmona y Villa (2017), una posible consecuencia de los valores alcanzados en apertura es la falta de experiencias previas a la titulación del futuro profesor en instituciones educativas. Esto corrobora que el Praticum es uno de los espacios más óptimos para la formación inicial de profesores en el ABP (Torrego y Martínez, 2018), pues involucra acciones como el reconocimiento de los procesos cognitivos de los estudiantes en diferentes contextos y el diálogo contante con profesores experimentados, lo cual no es fácil de incluir en otros espacios y, según Domènech (2018) y Domènech et al. (2019), son elementos determinantes de la *apertura*.

En relación al último componente, la *integración*, los valores se mantienen entre 2 y 3 (Tabla 3). Esto sugiere que los futuros profesores, además de integrar entre 2 y 4 disciplinas (Tabla 2), logran integraciones multidisciplinares e interdisciplinares. Estos valores conservan relación con lo reportado Domènech (2018), integración entre 2 y 3 disciplinas, y se contrasta con lo identificado por Domènech et al. (2019) quienes hallaron principalmente la integración de solo una disciplina.

La ausencia de registros de integraciones mono y transdisciplinar sugiere dos elementos. Por un lado, parece improcedente un diseño de lección permeado por el ABP y fundamentado en STEAM de una sola disciplina. Por el otro, fomentar nuevos marcos metodológicos y teóricos es un objetivo de corte teórico y no práctico. En consecuencia, son dos niveles susceptibles de ser retirados para priorizar y ampliar en la rúbrica el espectro de indicadores para lo multi e interdisciplinar.

La Figura 4 presenta los valores reportados por Domènech et al. (2019) en la caracterización de cuatro tipos de proyectos. Al contrastar los componentes didácticos *contexto*, *conflicto*, *discurso*, *contenido* y *apertura* (el componente *integración* difiere en los fundamentos para ambas rúbricas), se registran valores que coinciden con los que se presentan en esta investigación (Tabla 3). Al respecto, el tipo de proyecto A se corresponde con D1 y D5, el tipo B con D6 y el tipo D con D3. Sin embargo, D2 y D4 no coincide con ninguno de los perfiles caracterizados por Domènech et al. (2019); esto sugiere que la presente investigación reporta casos que amplían la literatura existente.



**Figura 4.** Valores para los tipos de proyectos caracterizados por Domènech et al. (2019)

Otro aspecto de la presente investigación que amplía la literatura existente es el refinamiento del sexto componente didáctico de la rúbrica ABPMap. Trascender la denominación de *interdisciplinaridad*, como la aparición de disciplinas del acrónimo STEM (una, dos, tres, cuatro o más), a una tipología de integración de las disciplinas STEAM (mono, multi, inter y transdisciplinar) fundamentada en la taxonomía propuesta por Thompson (2010), permitió una mejor comprensión del enfoque interdisciplinario de la Educación STEAM lograda en los diseños de lección. Este aspecto es reportado como necesario en la formación de profesores (Moon y Kang, 2015; Park et al., 2016; Kim y Chae, 2016; Yakman y Lee, 2012).

## 6. CONCLUSIONES

La literatura reporta como principales necesidades en la formación de profesores para la integración de la Educación STEAM las dificultades para seleccionar los temas apropiados, integrar dos o más materias, desarrollar materiales educativos y evaluar clases (Hong, 2016). Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo la implementación y evaluación de una propuesta curricular para la formación inicial de profesores en el ABP para el diseño de lecciones STEAM. Para lograrlo, se retomó la rúbrica ABPMap en la que se amplió el componente didáctico de *integración* (mono, multi, inter y transdisciplinar) con el propósito de potenciar la capacidad de la rúbrica para describir el enfoque interdisciplinario de la Educación STEAM.

Los resultados del estudio permiten informar que la rúbrica ABPMap ajustada favoreció el análisis de los componentes del ABP que fueron implementados por los futuros profesores de matemáticas en los diseños de lecciones STEAM. Incluso, reporta casos que amplía la literatura existente al respecto. En este sentido, los resultados de este estudio permiten amplificar la comprensión de los procesos de formación por los que atraviesan los futuros profesores. En esta comprensión se reconocen los aportes en cuanto a que los futuros profesores se apropian de forma orgánica del ABP y reflejan algunos de sus componentes en el diseño de lección STEAM solicitado como producto final en el curso; sin embargo, varios desafíos se desprenden para nuevos escenarios del curso, entre ellos, se debe considerar nuevas oportunidades para que los futuros profesores reconozcan formas de diseñar proyectos que sugieran la construcción de conocimiento y no solo de su aplicación o de su ejemplificación.

Otro desafío es la integración de las disciplinas. Si bien los resultados evidencian que la propuesta de formación logró que los futuros profesores alcanzaran una integración amplia de disciplinas, con un predominio en la disciplina propia de su formación (Matemáticas) y Tecnología, aun sería deseable que se trascendieran hacia la integración de las Ciencias, Ingeniería y las Artes. De igual forma, se reporta como desafío la necesidad de ampliar en investigaciones que permitan una mejor comprensión de posibles estrategias que fortalezcan los valores en el componente *apertura* y la relación de este con los demás componentes.

Finalmente, es importante destacar el potencial de la rúbrica para ser implementada en otros contextos de formación de profesores de las diferentes disciplinas. Espacios como formación continuada, cursos de corta duración o talleres que procuran la formación en el ABP, pueden realizar sondeos de los logros alcanzados a partir de la rúbrica ABPMap ajustada. Además, la implementación en diferentes contextos permitirá ampliar la evidencia empírica de los tipos de proyectos que son diseñados por los profesores y potenciar los procesos de formación en diferentes contextos.

## REFERENCIAS

- Alonso, A. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos para el desarrollo de la Competencia Digital Profesor en la Formación Inicial del Profesorado. *Revista Latinoamericana de Tecnología Educativa*, 17(1), 9–24.
- Aravena, M., Caamaño, C., y Giménez, J. (2008). Modelos matemáticos a través de proyectos. *Revista Latinoamericana de Investigación En Matemática Educativa*, 11(1), 49–92
- Ausín, V., Abella, V., Delgado, V., y Hortigüela, D. (2016). Aprendizaje basado en proyectos a través de las TIC: Una experiencia de innovación profesor desde las aulas universitarias. *Formación Universitaria*, 9(3), 31–38.
- Barba, R., Sonlleve, M., y García, N. (2018). Presencia, participación y progreso: El aprendizaje basado en proyectos en la trayectoria de una maestra en formación. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 21(2), 13–25.
- Barquero, B., Bosch, M., y Gascón, J. (2014). Incidencia del «aplicacionismo» en la integración de la modelización matemática en la enseñanza universitaria de las ciencias experimentales. *Enseñanza de Las Ciencias*, 32(1), 83–100.
- Borba, M. C., y Villarreal, M. E. (2005). *Humans-with-media and the reorganization of mathematical thinking: Information and communication technologies, modeling, experimentation and visualization*. New York: Springer.
- Carmona, J. A., y Cardona, M. (2019). Formación en el Pensamiento Computacional a través de juegos de mesa. In *XV Conferencia Interamericana de Educación Matemática* (pp. 1–8). Medellín, Colombia.
- Carmona, J. A., Arias, J., Arias, V., y Cardona, M. (2019). *Laboratorio de Robótica Educativa: Un espacio de formación interdisciplinar*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia.
- Carmona, J. A., Salazar, J. V., y Villa, J. A. (2018). Uso de calculadoras simples y videojuegos en un curso de formación de profesores. *Uni-Pluriversidad*, 18(1), 13–24.
- Carmona, J. A., y Villa, J. A. (2017). Necesidades de formación en futuros profesores para el uso de tecnologías. Resultados de un estudio documental. *Revista Paradigma*, 38(1), 169–185.
- Cascales, A., Carrillo, M., y Redondo, A. (2017). ABP y Tecnología en Educación Infantil. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, (50), 201–210.

- Cheong, L., y Boo, O. (2015). Elementary Pre-service Teachers and In-service Teachers' Perceptions and Demands on STEAM Education. *Journal of Korean Society of Earth Science Education*, 8(1), 1–11.
- Drijvers, P., Ball, L., Barzel, B., Heid, M. K., Cao, Y., y Maschietto, M. (2016). *Uses of Technology in Lower Secondary Mathematics Education*. Cham: Springer International Publishing.
- Domènech, J. (2018). Aprendizaje Basado en Proyectos en el marco STEM. Componentes didácticas para la Competencia Científica. *Ápice. Revista de Educación Científica*, 2(2), 29–42.
- Domènech, J., Lope, S., y Mora, L. (2019). Qué proyectos STEM diseña y qué dificultades expresa el profesorado de secundaria sobre Aprendizaje Basado en Proyectos. *Revista Eureka Sobre Enseñanza y Divulgación de Las Ciencias*, 16(2), 2203.
- Duarte, A., Guzmán, M., Núñez, L., y Travé, G. (2016). Formación del profesorado y Aprendizaje basado en proyectos colaborativos educacionales: Aprender a innovar en Educación Primaria. In *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 373–381).
- Fernández, C., y Reinoso, L. (2017). El aprendizaje por proyectos en el tratamiento de la estadística durante la formación pregraduada de profesores de Matemática. *Mendive*, 15(1), 6–20.
- Gómez, V., Martín, M., y García, A. (2016). Aprendizaje Basado en Proyectos (ABP) incorporando las TIC: Ventajas e inconvenientes desde la experiencia del profesorado en ejercicio. In *Tecnología, innovación e investigación en los procesos de enseñanza-aprendizaje* (pp. 105–113).
- Gómez, V., Pinto, A., García, A., y García, M. (2018). La percepción de los profesores de Bachillerato sobre un proyecto de aprendizaje-servicio. Un estudio de caso. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 21(2), 65–78.
- Hong, O. (2016). STEAM Education in Korea: Current Policies and Future Directions. *Asian Research Policy*, 8(2), 92–102.
- Iammartino, R., Bischoff, J., Willy, C., y Shapiro, P. (2016). Emergence in the U.S. Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) workforce: an agent-based model of worker attrition and group size in high-density STEM organizations. *Complex y Intelligent Systems*, 2(1), 23–34.
- Kim, D., y Bolger, M. (2017). Analysis of Korean Elementary Pre-Service Teachers' Changing Attitudes About Integrated STEAM Pedagogy Through Developing Lesson Plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(4), 587–605.
- Kim, H., y Chae, D. H. (2016). The Development and Application of a STEAM Program Based on Traditional Korean Culture. *EURASIA Journal of Mathematics, Science y Technology Education*, 12(7), 1925–1936.
- León, Ó., Martínez, L., y Santos, M. (2018). Análisis de la investigación sobre Aprendizaje basado en Proyectos en Educación Física. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 21(2), 27–42.
- Márquez, E., y Jiménez, M. (2014). Project-based learning in virtual environments: a case study of a university teaching experience. *RUSC. Revista de Universidad y Sociedad Del Conocimiento*, 11(1), 76–90.
- Martí, J., Heydrich, M., Rojas, M., y Hernández, A. (2010). Aprendizaje basado en proyectos: una experiencia de innovación profesor. *Revista Universidad EAFIT*, 46(158), 11–21.
- Martínez, M., Raposo, M., y Doval, M. (2014). De las prácticas dirigidas al aprendizaje basado en proyectos. In *Xornada de Innovación Educativa 2013* (pp. 329–338).
- Moon, S., y Kang, K. (2015). Trend of STEAM Education-related Domestic Studies Focusing on Physics-related Studies. *New Physics: Sae Mulli*, 65(12), 1199–1208.
- Ozkan, G., y Topsakal, U. (2017). Examining Students' Opinions about STEAM Activities. *Journal of Education and Training Studies*, 5(9), 115–123.
- Park, H. J., Byun, S., Sim, J., Han, H., y Baek, Y. (2016). Teachers' Perceptions and Practices of STEAM Education in South Korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science y Technology Education*, 12(7), 1739–1753.
- Pecore, J. (2015). From Kilpatrick's Project Method TO Project-Based Learning. In *International Handbook of Progressive Education*.
- Raquel, S. (2012). Sentido de la práctica sistematizadora en la Educación Superior. *Praxis y Saber*, 3(5), 127–141.
- Rendón, P., Duarte, P. V. E., y Villa, J. A. (2016). Articulación entre la matemática y el campo de acción de la ingeniería de diseño de producto: componentes de un proceso de modelación matemática. *Revista de La Facultad de Ingeniería U.C.V.*, 31(2), 21–36.
- Shernoff, D. J., Sinha, S., Bressler, D. M., y Ginsburg, L. (2017). Assessing teacher education and professional development needs for the implementation of integrated approaches to STEM education. *International Journal of STEM Education*, 4(1), 13.
- Siew, N., Amir, N., y Chong, C. (2015). The perceptions of pre-service and in-service teachers regarding a project-based STEM approach to teaching science. *SpringerPlus*, 4(1), 8.
- Sjoquist, D. L., y Winters, J. V. (2015). The effect of Georgia's HOPE scholarship on college major: a focus on STEM. *IZA Journal of Labor Economics*, 4(1), 15.
- Thomas, J. (2000). *A Review of Research on Project-Based Learning*. San Rafael: Autodesk Foundation.
- Thompson, J. (2010). A taxonomy of interdisciplinarity. In *The Oxford Handbook of Interdisciplinarity* (pp. 15–30).
- Toledo, P., y Sánchez, J. (2018). Aprendizaje basado en proyectos: Una experiencia universitaria. *Profesorado: Revista de Currículum y Formación Del Profesorado*, 22(2), 471–491.
- Torrego, L., y Martínez, S. (2018). Sentido del método de proyectos en una maestra militante en los Movimientos de Renovación Pedagógica. *Revista Electrónica Interuniversitaria de Formación Del Profesorado*, 21(2), 1–12.
- Torres, J. (2010). Construcción del conocimiento en educación superior a través del aprendizaje por proyectos. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 21(1), 137–142.
- Villa, J. A., y Berrío, M. J. (2015). Mathematical Modelling and Culture: An Empirical Study. In G. A. Stillman, W. Blum, y M. S. Biembengut (Eds.), *Mathematical Modelling in Education Research and Practice, International Perspectives on the Teaching and Learning* (pp. 241–250). Cham: Springer.
- Yakman, G., y Lee, H. (2012). Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea. *Journal of The Korean Association For Science Education*, 39(6), 1072–1086.