

Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM¹

Raquel Casado Fernández²; Mirian Checa-Romero³

Recibido: Enero 2022 / Evaluado: Abril 2022 / Aceptado: Mayo 2022

Resumen. INTRODUCCIÓN: La educación STEAM supone un enfoque interdisciplinar trabajando de forma conjunta ciencias, tecnología, ingeniería, arte y matemáticas que, además de potenciar el desarrollo del pensamiento científico, impulsa el desarrollo de algunas de las competencias clave del siglo XXI. Este estudio analiza el impacto en el alumnado de 5º y 6º de educación primaria en las competencias de creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo cuando se introducen los proyectos STEAM en las aulas. MÉTODO: Para ello, se presenta un estudio de caso exploratorio etnográfico donde se analiza el discurso de los participantes en un centro de Educación Primaria de la Comunidad de Madrid, donde se explora cómo los niños y niñas se comunican cuando el alumnado trabaja por equipos con adultos experimentados que les guían, aprovechando las potencialidades de este potente recurso. RESULTADOS: Los resultados muestran que, en cada una de las fases del taller, la inclusión en las aulas de los proyectos STEAM genera escenarios educativos que potencian el desarrollo de las competencias mencionadas. DISCUSIÓN: El desarrollo del estudio deja en evidencia la necesidad de reservar espacios para que los agentes educativos sigan investigando con este tipo de proyectos en diferentes contextos para el desarrollo de competencias cognitivas transversales, que van más allá del aprendizaje memorístico. **Palabras clave:** creatividad; método de proyectos; pensamiento crítico; trabajo en equipo.

[en] Creativity, critical thinking and teamwork in primary education: an interdisciplinary approach through STEAM projects

Abstract. INTRODUCTION: STEAM education entails an approach for coworking with Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics that, apart from boosting the development of scientific thinking, impulses the development of some of the key skills of the century XXI. This study explores the impact on creativity, critical thinking and teamwork on 5th and 6th grade students when applying STEAM projects in the classroom. METHOD: This research presents an ethnographic exploratory case study where participants discourse is analysed in a Primary Educational School of Comunidad de Madrid, has as main objective analyzing how children communicate when the student body works in teams with experienced adults who guide them, taking advantage from the potentiality of this powerful resource. RESULTS: The results show that in each phase of the workshop, the inclusion into the classroom of STEAM projects generates educational scenarios that strengthen the mentioned competencies. DISCUSSION: The development of the study reveals the need of saving spaces so that the educational agents keep on investigating with this kind of projects in different contexts for the development of transverse cognitive competencies which go further than rote learning. **Keywords:** creativity; critical thinking; teamwork; project method.

Sumario. 1. Introducción. 2. Metodología. 2.1. Participantes. 2.2. Instrumentos. 2.3. Procedimiento de recogida y análisis de datos. 3. Resultados. 4. Conclusiones y discusión. 5. Referencias bibliográficas.

Cómo citar: Casado Fernández, R.; Checa-Romero, M. (2023). Creatividad, pensamiento crítico y trabajo en equipo en educación primaria: un enfoque interdisciplinar a través de proyectos STEAM. *Revista Complutense de Educación*, 34(3), 629-640.

¹ Esta investigación está financiada por el Programa de Investigación Estímulo a la excelencia para profesores universitarios permanentes, financiado por la Universidad de Alcalá y la Conserjería de Ciencia, Universidades y Educación de la Comunidad de Madrid, EPU-INV/2020/005.

² Universidad de Alcalá (España).
E-mail: raquel.casado@me.com
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8874-6031>

³ Universidad de Alcalá (España).
E-mail: m.checa@uah.es
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5992-2320>

1. Introducción

La sociedad actual precisa de ciudadanos capaces de adaptarse a situaciones inesperadas en entornos cambiantes, que puedan tomar decisiones creativas que les permitan resolver problemas que hoy ni si quiera podemos plantear, desde una postura crítica y colaborativa, basada en la comunicación. Esta necesidad supone un gran desafío para la educación, que debe favorecer el desarrollo de las competencias necesarias para que los niños y jóvenes se conviertan en los adultos que la sociedad necesita (Chalkiadaki, 2018). En este contexto se hace latente la necesidad de plantear metodologías que permitan a los estudiantes explorar diferentes soluciones alternativas ante un problema dado, descubriéndolo de una manera natural e intuitiva (Khanolainen, Semenova y Magnuson, 2021). En este sentido, se fomenta una concepción constructivista de aprendizaje que significa transformar el conocimiento por parte del alumnado, proponiéndoles un conjunto de experiencias que les permita desarrollar sus destrezas e ideas (Amineh y Asl, 2015). Dicho enfoque potencia los denominados Entornos de Aprendizaje Constructivistas EAC, invitando al alumnado a desarrollar sus competencias cuando trata de resolver problemas en entornos multi-respuesta (García-Cano, Márquez y Antolínez, 2016; Jonassen, 2008). Entre estos entornos, los proyectos STEAM, junto con otras herramientas, permiten que el alumnado se involucre en su propio proceso de aprendizaje, además de adentrarse en el Método Científico, fomentando su capacidad para resolver situaciones complejas (Casado y Checa-Romero, 2020; Tunc y Bageci, 2021). De manera específica, la inclusión de los proyectos STEAM (acrónimo de las disciplinas: Science, Technology, Engineering, Arts, Mathematics) en las aulas de primaria, permitiría acercar de una manera significativa los conocimientos abstractos propios del currículo de Educación Primaria, a través de la construcción de un objeto técnico (Almerich et al., 2018). No obstante, los proyectos STEAM, como paradigma, pueden ir más lejos, ya que permiten reflejar un énfasis creativo del proceso de enseñanza-aprendizaje, con gran capacidad interdisciplinar y acercando a los estudiantes a la resolución de problemas reales o proyectos complejos (Sang-Hong, Nam-Hun y Kil-Hong, 2014).

La inclusión en las aulas de los proyectos STEAM va a generar escenarios educativos innovadores que, además, va a potenciar el desarrollo de las habilidades propias del siglo XXI (Binkley et al., 2012), generando una educación que habilite al alumnado para trabajos que todavía no existen y que emergerán progresivamente, propiciado por los avances tecnológicos (Almerich et al., 2018). López, Couso y Simarro (2020), en su estudio sobre los proyectos STEAM, los presenta como un potente recurso tecnológico. De entre estas habilidades y siguiendo la clasificación de Almerich et al. (2018), son relevantes para este estudio las competencias de alta habilidad y, muy especialmente, aquellas que están relacionadas con el pensamiento creativo y crítico, así como las habilidades de trabajo en grupo. El trabajo de las competencias del siglo XXI constituye un requerimiento necesario a abordar en los contextos de aprendizaje de la etapa de educación primaria. Para ello, los proyectos STEAM son una herramienta significativa para alcanzar este requerimiento, ya que permiten plantear a los estudiantes un problema en una situación abierta y no estructurada, invitándoles a buscar una solución creativa mediante la construcción de un artefacto desarrollando y potenciando la adquisición de las habilidades del siglo XXI (Rahman et al., 2021; Reinking y Martin, 2018).

En la literatura científica encontramos numerosas investigaciones que indican que, si se introducen los proyectos STEAM en las escuelas, se consiguen una serie de ventajas en el desarrollo de algunas de las habilidades que caracterizan al presente estudio:

- Desarrollo de competencias relacionadas con la creatividad, fundamental para resolver diversos retos científicos (López-Fernández y Llamas-Salguero, 2018; Root-Bernstein, 2003). Las disciplinas STEAM pueden beneficiarse de una fusión creativa que las conecte de forma poderosa y motivadora para el aprendizaje del alumnado (Henriksen, 2014), potenciando un aprendizaje más atractivo y significativo. Los proyectos STEAM se han convertido en un paradigma esencial para el proceso de enseñanza-aprendizaje desde una perspectiva creativa (Rahmawati, Lestari y Umam, 2019; Shneiderman, 2003), potenciando en el alumnado la búsqueda permanente de respuestas a preguntas complejas, desarrollándose así tanto la curiosidad como la imaginación (Aguilera y Ortiz-Revilla, 2021; Lin et al., 2020; White y Delaney, 2021). Es esta conexión constante del conocimiento acumulado con la situación vivida, lo que estimula la capacidad para encontrar soluciones creativas a problemas inciertos y, por extensión, la generación continua de nuevas ideas (Higuera, Fernández-Samacá y Serrano, 2021; Nielsen y Thurber, 2018).
- Desarrollo de competencias relacionadas con el pensamiento crítico que incluye la puesta en práctica de seis destrezas intelectuales: interpretación, análisis, evaluación, inferencia, explicación y autorregulación (Andreu-Andrés y García-Casas, 2014). Los estudiantes creativos estimulan el pensamiento crítico, aumentando su deseo por estar bien informado y desarrollando su capacidad para evaluar e interpretar la información recibida, siendo capaces de comunicar su razonamiento, sus conclusiones y soluciones (Hafeez, 2021). Esta habilidad les permite articular sus ideas de una manera efectiva, con habilidad para transmitir las tanto de forma oral como escrita, así como para escuchar adecuadamente (Bassachs et al., 2020). En este sentido, los proyectos STEAM presentan un gran potencial para estimular la autorreflexión

activa y el cuestionamiento, a través del planteamiento de un problema concreto. Para resolverlos, el alumnado debe pensar con una mayor fluidez (Rahmawati, Lestari y Umam, 2019), ya que debe integrar diferentes disciplinas, ofreciendo así un entorno que favorece la reflexión y las opiniones personales críticas (Caratozzolo y Delgado, 2020; Guyotte et al., 2015). Así, la formación STEAM promueve el razonamiento científico y el pensamiento crítico (Bassachs et al., 2020).

- Desarrollo de competencias relacionadas con la capacidad de trabajar en equipo, tales como la comunicación y la colaboración, alcanzando un nivel de comprensión que les permite ver que, de esta forma, es posible alcanzar resultados con mayor significación y más efectivos que de manera individual (Ching-Chiang y Fernández-Cárdenas, 2020; Kennedy y Odell, 2014; Navarro et al., 2015; Torrelles et al., 2011). Además, permite desarrollar en el alumnado la responsabilidad compartida, así como la capacidad de reconocer los distintos roles de cada miembro del grupo en función de sus capacidades y conocimientos, involucrándose en cada tarea para alcanzar un objetivo común. Esta forma de trabajar permitirá a los estudiantes asumir una mayor responsabilidad, evitando situaciones de desgaste y/o conflictivas que pudieran influir negativamente en el proceso grupal. Además, les ayudará a gestionar mejor el tiempo, potenciando un mayor aprovechamiento del aprendizaje, planificando y secuenciando tareas, así como mejorar sus trabajos al considerar el «feedback» recibido por parte del profesorado y de otros expertos (Diego-Mantecón et al., 2021).

La investigación que presenta este artículo tiene como objetivo analizar el discurso de estudiantes de 5º y 6º curso de Educación Primaria, para evaluar su impacto en la creatividad, pensamiento crítico, colaboración y comunicación, a través de la introducción de los proyectos STEAM bajo el método científico. Para ello, se analizan los resultados de un taller de 18 semanas de duración a partir de un estudio de caso etnográfico (e.j. Anderson-Levitt, 2006), que permitió conocer en profundidad la cultura del contexto escolar a través de una observación participante del fenómeno objetivo de estudio.

2. Metodología

2.1. Participantes

Este estudio va dirigido al alumnado de los últimos cursos de la etapa de Educación Primaria (5º y 6º). La razón que justifica esta elección se basa en los postulados de Piaget (1978) ya que, en esa edad, comienzan a poder resolver problemas abiertos o semiabiertos planteados a través de elementos manipulativos, como es el caso de los Proyectos STEAM (ej: Barker y Ansorge, 2007). Se trata, por tanto, de un grupo de 57 estudiantes de entre 9 y 12 años, pertenecientes a un colegio concertado de Móstoles, ciudad de la Comunidad de Madrid (España). Los participantes conviven en núcleos familiares con un nivel socioeconómico bajo - medio, y el 9% son de nacionalidad distinta a la española. Su distribución en función del curso y sexo se muestra en la Tabla 1. Para el desarrollo del taller, los estudiantes se dividen en 9 grupos de entre 4 y 7 alumnos, buscando que cada uno de ellos cuente con participantes tanto de quinto como de sexto curso, ya que los primeros tienen el rol “aprendices” al tratarse de su primer año en el programa, y los segundos el rol “experto”, al tratarse de su segundo año. No obstante, para la composición definitiva de cada equipo de trabajo se tuvo en cuenta las particularidades de los estudiantes y los distintos ritmos de aprendizaje, quedando una composición heterogénea (Tabla 2). Durante el desarrollo de los talleres está presente el equipo docente de las materias implicadas, así como el equipo investigador que adopta un rol de observador participante.

Tabla 1. *Participantes del taller.*

	5º de Primaria	6º de Primaria	Total general
Niños	30%	23%	47%
Niñas	18%	30%	53%
Total general	47%	53%	100%

Tabla 2. *Distribución de los grupos.*

Grupo	Aprendices	Expertos	Total alumnos
1	4	3	7
2	4	4	8
3	3	4	7

4	6	1	7
5	3	4	7
6	4	3	7
7	3	1	4
8	0	5	5
9	0	5	5

2.2. Instrumentos

El programa dentro del cual se enmarcan los proyectos STEAM se plantea como un instrumento de aprendizaje transversal, trabajando conjuntamente contenidos curriculares propios de las asignaturas de Lengua Española, Matemáticas, Plástica o Ciencias Naturales, utilizando la tecnología como nexo entre ellas. Aprovechando las características educativas de este instrumento, se plantea que el alumnado lleve a cabo un proyecto de investigación STEAM que dé respuesta a un reto concreto apoyándose en el método científico, aplicando para ello la robótica para ayudar a los ciudadanos en las tareas de su vida cotidiana.

2.3. Procedimiento de recogida y análisis de datos

El estudio se estructura en dos fases: en primer lugar, se presenta la fase de recogida de datos, que se estructura en un taller de 18 sesiones en un aula de 5º y 6º de Primaria; en segundo lugar, se presenta la fase de análisis de los datos a través de un estudio de caso etnográfico (Anderson-Levitt, 2006), donde se analiza el discurso de los participantes y de sus creaciones STEAM.

La fase de recogida de datos se lleva a cabo durante los meses de octubre a marzo del curso académico 2018-2019, materializándose en un taller de 18 sesiones de 50 minutos cada una. Antes de esta fase, se solicitaron a los tutores legales de los participantes los consentimientos informados para participar en la investigación. Estos consentimientos informaban de los objetivos del estudio, el anonimato de los datos y la participación voluntaria en los talleres. Tras la aceptación de la participación de todo el alumnado comenzaron las sesiones, diferenciándose tres momentos importantes: (i) un primer momento en el que el equipo docente recuerda a los estudiantes en qué fase están y con qué deben trabajar; (ii) un segundo momento de tiempo de trabajo sobre los proyectos STEAM; (iii) un momento de reflexión para pensar en el desarrollo de la sesión, tal y como queda representado en la figura 1.

Figura 1. Estructura de las sesiones del taller. Fuente: elaboración propia.



El taller queda dividido en cuatro fases de trabajo (Tabla 3):

Tabla 3. *Fases del taller.*

Fase 1: Hipótesis	Fase 2: Documentación	Fase 3: Maqueta	Fase 4: Exploración
3 sesiones	6 sesiones	6 sesiones	3 sesiones
Contexto de trabajo	Registro	Creación	Música
Definición de la idea	Documentación	Contraste	Método de exposición
	Apoyo del experto	Prueba y error	Exposición
		Conclusiones	

- Fase 1. Definición de la hipótesis (Sesiones 1 – 3): esta fase comenzó con una sesión donde el equipo docente explicó a los diferentes grupos el reto al que debían dar respuesta, así como la forma en la que debían documentar su proyecto de investigación STEAM (Sesión 1). Se les explicó que: (i) debían decidir un título que coincidiría con el nombre del equipo; (ii) debían elegir un tema, argumentando el porqué de dicha elección; (iii) debían definir un objetivo, explicando en qué ayudaría su proyecto a la comunidad; (iv) debían establecer una hipótesis de trabajo, es decir, un pregunta de investigación que enlazara el tema y el ob-jetivo; (v) debían construir una maqueta con la que contrastar su hipótesis y verificar si daba respuesta al reto planteado; y, por último, (vi) debían preparar una exposición para explicar su proy-ecto ante un comité de expertos. En las sesiones 2 y 3 los diferentes equipos de trabajo, de manera consensuada y contando con la validación del equipo docente, decidieron el título, el tema, el objetivo y la hipótesis.
- Fase 2. Documentación del proyecto de investigación (Sesiones 4 – 9): en esta fase los grupos debían registrar en un cuaderno de investigación los principales ítems del proyecto: título, tema, objetivo, hipótesis y representación gráfica de la maqueta. Para desarrollar estos ítems debían documentarse buscando información a través de fuentes fiables. Además, podían apoyarse en la experiencia de expertos en la materia con el fin de dar rigor a la base científica de su idea, llevándose a cabo una sesión en la que los estudiantes tuvieron ocasión de plantearle una lista de cuestiones que deseaban contrastar. El alumnado utilizó el “feedback” del experto para mejorar el proceso, pudiendo confirmar si su planteamiento era viable o si debían replantearse puntos de mejora.
- Fase 3. Creación de la maqueta (Sesiones 10 – 15): en esta fase cada equipo llevó a cabo la construcción de su maqueta, tal y como la habían documentado en su cuaderno de investigación. Una vez realizada, los estudiantes debían contrastar la hipótesis planteada. Para ello, emplearon un proceso de “prueba y error”, en el que se vieron obligados a dar solución a los problemas que fueron surgiendo hasta alcanzar su objetivo. Todo este proceso, así como la conclusión final a la que llegaron después de contrastar su hipótesis, quedó documentado también en el cuaderno.
- Fase 4. Exposición (Sesiones 16 – 18): esta fase comenzó con la preparación de la exposición, donde cada grupo debía decidir: (i) qué música utilizaría para comenzar con su exposición; y (ii) qué método utilizaría para explicar su proyecto de investigación. Cada grupo optó por un sistema diferente: algunos decidieron realizar una presentación en PowerPoint, otros decidieron hacer un teatro para simular cómo su idea daba respuesta al reto, otros simulaban ser científicos que explicaban su proyecto, etc. Una vez preparados, se concluyó la fase con (iii) la exposición de los proyectos de investigación STEAM ante un comité de expertos, que estaba compuesto por el profesorado de las materias curriculares implicadas.

A lo largo de las cuatro fases del taller, se realizaron grabaciones de audio y video de los estudiantes, y se tomaron fotografías. En total se recopilaban más de 70 horas de contenido audiovisual y 586 fotografías (Tabla 4).

Tabla 4. *Material audiovisual del taller.*

Sesión	Fecha	Fase	Fotos	Horas de conversación
1	Octubre, 07	1	17	4
2	Octubre, 14	1	39	2
3	Octubre, 28	1	0	5
4	Noviembre, 04	2	10	6
5	Noviembre, 11	2	7	5
6	Noviembre, 18	2	80	5
7	Noviembre, 21	2	23	4

8	Noviembre, 25	2	136	4
9	Diciembre, 02	2	44	5
10	Diciembre, 05	3	2	4
11	Diciembre, 16	3	0	7
12	Enero, 13	3	164	1
13	Enero, 20	3	22	3
14	Enero, 27	3	10	4
15	Febrero, 03	3	0	4
16	Febrero, 10	4	0	4
17	Febrero, 24	4	10	4
18	Marzo, 09	4	22	3
TOTAL		45	586	74

El diseño de la investigación es etnográfico con observación participante, pues el objetivo es conocer en profundidad lo que sucede cotidianamente en las aulas cuando se introducen los instrumentos anteriores. Se utilizaron categorías de registro preconcebidas a través del método deductivo, siguiendo el modelo definido por Binkley (2012) sobre las competencias necesarias para el siglo XXI. No obstante, otras categorías emergentes también fueron analizadas, surgidas en los procesos de acción en cada una de las fases del diseño de investigación. El método de registro se realizó a través de notas de campo y de las grabaciones de vídeo y audio. Tras su análisis y acuerdo por parte del equipo investigador para validar el sistema de categorías, se estructuró la matriz de códigos y subcódigos (Tabla 5), identificando en el discurso de los estudiantes y tras su transcripción, núcleos de ideas con sentido completo. Este análisis se ha realizado por medio del programa Atlas.ti, por ser un recurso metodológico adecuado para la investigación educativa cualitativa (ej: San Martín, 2014; Chacón, 2004; Padilla, Vega y Rincón Caballero, 2014). Este análisis ha permitido una interpretación del discurso de los estudiantes extraído del contenido audiovisual del taller, procesándolo en dos etapas: una primera donde se ha seleccionado y transcrito los diferentes diálogos acontecidos durante el desarrollo del taller en sus distintas fases y, una segunda etapa, en la que se han categorizado los fragmentos, teniendo en cuenta las categorías propias del s. XXI definidas por Binkley (2012): PC pensamiento crítico, CL colaboración, CR creatividad y CO comunicación.

Tabla 5. *Matriz de categorías y subcategorías del proceso de análisis de datos*

Categorías	Subcategorías	Códigos
Pensamiento crítico	Razonamiento científico	PC
	Toma de decisiones	
	Resolución de problemas	
Colaboración	Compromiso para alcanzar un objetivo común	CL
	Asumpción de responsabilidad compartida	
Creatividad	Pensamiento divergente	CR
	Originalidad	
	Inventiva	
Comunicación	Formar diversas de comunicar	CO
	Diversos contextos en los que comunicar	
	Medios de apoyo con los que comunicar	
	Aplicación de la tecnología para comunicar	

3. Resultados

Durante la primera fase del taller, los resultados muestran discursos interesantes que permiten distribuir los fragmentos del discurso en las cuatro categorías, en concreto: durante la primera sesión, CO los estudiantes realizan una escucha activa para comprender lo que el equipo docente les transmite; PC los estudiantes evalúan la información que se les transmite y cuestionan las diferentes alternativas que tienen a su disposición para llevarlas a cabo; PC realizan preguntas relevantes al equipo docente para formarse una idea propia de cómo llevar a cabo el trabajo de investigación que se les encomienda. Los siguientes fragmentos evidencian esta categorización:

PROFES02: Ahora, es turno de preguntas, ¿dudas?

ALUMN01: ¿Podemos hacer un proyecto que ayude a cuidar la naturaleza?, ¿eso ayuda también a la comunidad?

ALUMN06: Y si tenemos dudas para hacer la maqueta, ¿dónde podemos buscar información?

ALUMN18: ¿Tenemos que apuntar en el cuaderno todo lo que descubramos? ¿todo lo que hagamos?

ALUMN21: ¿Tenemos que decidir todo entre todos? ¿y si no estamos de acuerdo?, ¿podemos hacer una votación?

Durante las dos siguientes sesiones, CR los estudiantes utilizan el conocimiento que ya tiene sobre el contexto del trabajo para generar diferentes ideas con las que dar respuesta al reto planteado por el equipo docente; CO estas ideas son propuestas por diferentes miembros de cada grupo, de manera natural según surgen; CL mientras el resto de los integrantes del grupo escuchan lo que sus compañeros tienen que decir; PC valoran las aportaciones de los distintos integrantes, estudiando los pros y contras de cada una de las ideas propuestas; PC CL deciden de forma consensuada y de acuerdo con la información disponible aquella idea que consideran responde de forma más adecuada al reto propuesto. Los siguientes fragmentos de la conversación evidencian esta categorización:

ALUMN07: Ya lo tengo, un robot que te ayude a subir el flotador por las cuestas.

ALUMN08: Eso no, eso no ayuda en nada. Tenemos que buscar algo que ayude a los que más lo necesitan.

ALUMN05: Yo había pensado hacer un robot para que ayude a los ciegos a hacer cosas.

ALUMN04: Pero ¿a qué?

ALUMN05: Pues, por ejemplo, que transmita diferentes ruidos para saber cuándo tiene que dar de comer a su perro.

Una vez definida la idea, CO CR los estudiantes proponen la forma en que redactarán la hipótesis de trabajo, entendida como la forma en la que darán respuesta al reto planteado con la idea seleccionada. Además, debaten las distintas propuestas y deciden de manera democrática aquella que consideran la más adecuada.

ALUMN06: Vamos a hacer un comedero de perros que cuando esté vacío avise con un ruido para que no se nos olvide echarle de comer.

PROFES01: Pues bien, ahí lo tenéis. Ahora tenéis que plantearos que pruebas tendréis que llevar a cabo para poner en marcha vuestra idea.

ALUMN07: ¡Pues ya está! Entonces ponemos esto: ¿podremos poner los sensores dentro de los comederos?

ALUMN05: ¡Sí! También, es importante saber cuánto tiempo durarán los sensores.

ALUMN06: y también saber qué comederos usaremos para que no esté cayendo comida todo el rato, sino el perro se pondrá enfermo de tanto comer ...

Una vez concluido esto, CO CR los estudiantes debaten el nombre de su equipo de trabajo. Para ello, los distintos miembros del equipo proponen de forma natural las que les surgen, buscando uno que tenga consonancia con la idea que llevarán a cabo y tomando la decisión final de manera democrática, tal y como se observa en el diálogo siguiente.

ALUMN04: ¡Tengo una idea! Podemos llamarnos The Dogs.

ALUMN07: ¡Me gusta!

ALUMN05: Aunque esta idea no vale solo para perros. En verdad se podría utilizar para cualquier animal, para un gato, también para un hámster, etc.

ALUMN06: Pues ¡The Pets!

Durante la segunda fase, el discurso de los estudiantes analizado, permite identificar los siguientes comportamientos categorizados: PC los estudiantes trabajan en equipo, buscando información a través de diferentes fuentes con las que documentar su idea y darle base científica; PC discriminan entre todos los datos que obtienen y seleccionan aquellos que consideran que proviene de fuentes fiables y aportan relevancia a

su trabajo; PC los integrantes del grupo evalúan la información seleccionada para decidir qué y cómo lo documentan en su cuadernos de campo, durante el proceso de documentación; CR los estudiantes se cuestionan si la información seleccionada es la más adecuada y aportan nuevas ideas para mejorar el proceso.

ALUMN04: ¿Entonces cómo vamos a hacer para crear el aviso sonoro?

ALUMN06: Yo he visto en internet que hay sensores que pueden configurarse para que hagan sonidos.

ALUMN07: ¡Pues podemos poner un sensor de luz! ¡Si la comida tapa el sensor no hay luz y si hay luz es que no tiene comida!

ALUMN07: ¿Dónde lo has visto?

ALUMN06: La profe dice que tenemos que coger la información de fuentes buenas, y que Wikipedia no vale.

ALUMN05: Ya, pero mira esta es una web de una página buena, es de Arduino y los mayores la utilizan.

Cuando el grupo de trabajo alcanza un nivel suficiente en la base científica de su idea, se planifica una sesión con un experto en la materia para evaluar cada idea con los diferentes equipos de trabajo y la forma en la que contrastarán la hipótesis seleccionada; PC CL CO los participantes preparan de manera consensuada un listado de cuestiones técnicas que revisan con el experto; CO CR PC los estudiantes escuchan de manera activa al experto y utilizan su «feedback» para mejorar el desarrollo de su idea, planteando nuevas cuestiones que surgen durante la conversación; CO PC trascurrida dicha sesión, los estudiantes incorporan en sus cuadernos de campo los cambios necesarios tras el nuevo conocimiento adquirido, tal y como se observa en la siguiente transcripción.

ALUMN07: Entonces para el agua lo mejor es el sensor de humedad, así seguro que cuando esté seco es que no tiene agua.

EXPERTO: Así es, ¿dónde pondréis los sensores?

ALUMN05: El de la comida hemos pensado ponerlo dentro del bote para que no se lo pueda comer el perro, ¿estará bien?

EXPERTO: Tendréis que hacer pruebas, los sensores de luz son muy sensibles y no estoy seguro de que consigáis el resultado que buscáis. Probad en distintas zonas con distintas intensidades de luz.

ALUMN07: Como si fuera de día o de noche, por ejemplo, ¿no?

Los grupos comienzan con la representación gráfica de la maqueta con la que pretenden comprobar la hipótesis CO, identificando los distintos pasos que darán, así como los materiales necesarios; CL CR PC para ello, trabajan en equipo aportando diferentes ideas que van evaluando, valorando pros y contras, y proponiendo nuevas alternativas que surgen durante las conversaciones entre ellos, así como decidiendo de manera consensuada lo que hacer y cómo hacerlo.

ALUMN04: Bueno, pues entonces, primero buscamos un comedero donde podamos poner los sensores.

ALUMN07: ¿Y tenemos que comprar los sensores para probar y ponerlos para ver si funciona?

ALUMN06: ¿Apuntamos primero la lista de materiales a comprar?

ALUMN07: Mejor primero dibujamos como será la maqueta y con eso vemos los materiales.

A lo largo de la tercera fase, los comportamientos identificados tras el análisis fueron los siguientes: CL los estudiantes trabajan en equipo para llevar a cabo la maqueta con la que simular su idea y explorar problemas; PC realizan pruebas de funcionamiento y observan los resultados contrastando si estos se ajustan con los esperados; CR PC cuándo estos no cumplen con las expectativas, los estudiantes indagan, consultan de nuevo con expertos o buscan nueva información que les permita mejorar el proceso de su maqueta con el que solucionar el problema que han identificado; CR los estudiantes aportan nuevas ideas para mejorar el proceso aun cuando este fuera exitoso; CL PC el grupo consensua estas ideas, las evalúa, analiza los pros y contras, y toman la decisión de los cambios de manera consensuada, quedando documentados en sus cuaderno de campo.

ALUMN05: si el lugar es muy oscuro no funciona bien el sensor de luz...

EXPERTO: Pues debéis dejar documentada esa limitación

ALUMN03: Pero tenemos otro problema, cuando se mueve el plato falla, ¿eso lo apuntamos y ya está?

EXPERTO: Para eso tenéis solución, pensar como podéis evitarlo ...

ALUMN05: ¿Y si pegamos los botes de comida a una madera para que no se muevan?

CL Una vez que los estudiantes documentan en el cuaderno de campo el proceso de creación de la maqueta, así como las distintas pruebas realizadas, discuten sobre los cambios que han realizado durante el proceso; CO CR CL el grupo debate para preparar la conclusión de su trabajo de investigación, donde cada uno de los integrantes da a conocer su opinión mientras los compañeros escuchan activamente. Con estas distintas opiniones forman una conclusión única y la documentan nuevamente en sus cuadernos de campo.

ALUMN03: ¿Ponemos que nuestro proyecto es para avisar cuándo no hay comida?

ALUMN05: Si, pero añadimos a quienes les interesará ... ¿no?

ALUMN06: Pues sobre todo a lo que no están mucho en casa ...

ALUMN04: Si, porque si se van pronto a trabajar y llegan tarde del trabajo seguro que se olvidan del perro.

ALUMN07: Pues ponemos esto entonces: Nuestro proyecto está especialmente pensado para las personas que no tienen mucho tiempo para estar con sus mascotas y se olvidan las cosas, ¿todos de acuerdo?

En la cuarta fase, tras el análisis, se identifican los siguientes comportamientos: CL los estudiantes trabajan en equipo para decidir el medio de expresión que utilizarán para exponer su investigación ante el comité de expertos; CL debaten sobre alternativas que tienen a su disposición para comunicar el proceso y resultado de su trabajo; CR PC CL durante este debate, los estudiantes generan ideas de manera natural, analizando las distintas opciones, estudiando los pros y contras de cada una y tomando una decisión consensuada sobre la forma en la que llevarán a cabo su exposición.

ALUMN03: Pues hacemos un PowerPoint explicando todo ...

ALUMN07: Eso es un rollo, algo más divertido mejor

ALUMN07: Si, si, así hacemos como que se olvidan del perro y tiene hambre ...

ALUMN04: Oye, ¿y si hacemos un anuncio?, ¿como si lo pudieran comprar en una tienda nuestro invento?

Una vez tomada la decisión del cómo, CL los estudiantes debaten sobre el modo, es decir, concretan de manera exacta y detallada cómo llevarán a cabo la exposición; CR PC CL los participantes aportan ideas, evaluando y analizando los pros y contras, tomando la decisión final del modo de hacerlo de manera democrática.

ALUMN05: Tenemos que decir un eslogan, todos los anuncios lo tiene.

ALUMN04: Vale, algo que los que no tienen mucho tiempo se fijen.

ALUMN03: Si, ¿pero quién lo dice?

ALUMN04: Pues todos, ¿no?

ALUMN03: No se entenderá nada si hablamos todos a la vez ...

ALUMN07: Si queréis yo empiezo primero, lo explico y luego ya el eslogan todos

Una vez tomada esta decisión, CR CL CO los estudiantes preparan todo lo que precisan, según la forma de comunicación decidida, y llevan a cabo el trabajo como medio de expresión que utilizarán en la exposición. Además, CL el grupo reparte los roles que asumen de manera crítica en la exposición, teniendo en cuenta las distintas habilidades de cada miembro.

ALUMN04: Vale, entonces tú empiezas diciendo esto: ¿Estás muy ocupado?, ¿no tenéis tiempo para cuidar de vuestras mascotas? ... pues tengo la solución perfecta ...y luego ya todos juntos es eslogan ...

ALUMN05: Apunta también el eslogan para que no se nos olvide: Si a tu perro no puedes ver compra comederos The Pets

ALUMN06: ¿Cómo nos vamos a poner? ¿Todos en fila y ya está?

ALUMN04: Pues mejor que cada uno que elija como quiere estar y ya está, venga decir y yo voy apuntando ...

CR CL Los participantes debaten sobre la música que utilizarán para entrar en la exposición, aportando distintas ideas, que evalúan y estudian, decidiendo de manera democrática la que consideran que se ajusta al medio de expresión seleccionado.

ALUMN05: A mi me gusta el reggaetón.

ALUMN07: Pero eso no pega, es un anuncio.

ALUMN03: Mejor una música sin letra, buscamos una en internet chula, que hay muchas.

Llegado a este punto del taller y en la fecha prevista CO los distintos grupos exponen el trabajo de investigación ante el comité de expertos, explicando el proceso de la forma y modo elegida, utilizando la maqueta para contrastar su hipótesis de trabajo y confirmando la respuesta al reto planteado por el equipo docente al inicio del taller. Los miembros del equipo docente formulan preguntas al grupo para evaluar el conocimiento de los integrantes sobre el tema de trabajo y CO los estudiantes responden a dichas preguntas aportando la información que se les solicita.

PROFES01: Me gustaría saber que aprendizaje habéis sacado en el proceso de la creación del proyecto.

ALUMN07: Una de las cosas que hemos aprendido es a programar, ya que es la primera vez que hacemos esto con la placa de Arduino y conectamos los cables, lo hicimos con el experto a través de una videoconferencia ...

PROFES02: Queríamos saber cuáles eran las fuentes de las que habéis sacado la información.

ALUMN04: La primera fuente que utilizamos fue Youtube, (...) También el apoyo del experto en robótica que nos explicó como programar los sensores y conectar los cables, y nos ayudó a elegir el tipo de sensores (...)

4. Conclusiones y discusión

El análisis de los resultados muestra cómo los estudiantes, a través de su participación en la realización de proyectos STEAM, pusieron en marcha competencias relacionadas con la creatividad, el pensamiento crítico, la colaboración y la comunicación, generándose así escenarios educativos innovadores en entornos interdisciplinarios, gracias a la generación de creaciones novedosas y críticas por parte del alumnado (Clapp y Jimenez, 2016). Por otro lado, la combinación de los proyectos STEAM con elementos de la robótica, así como la metodología empleada en el taller propició, a nuestro juicio, que el alumnado interactuara y debatiera de forma colaborativa sobre las decisiones más adecuadas para superar con éxito cada uno de los proyectos planteados, construyendo autónoma y colaborativamente significados y conocimientos (Scardamalia y Bereiter, 2003; Shaffer, 2006).

De manera específica, en el taller llevado a cabo, los proyectos STEAM han constituido un poderoso estímulo motivador para que los estudiantes fusionen, de forma creativa, el conocimiento teórico con la aplicación práctica del mismo, permitiendo involucrar a los estudiantes en situaciones análogas a las prácticas reales y profesiones de los distintos ámbitos, dotando al proceso educativo de mayor significatividad (López, Couso y Simarro, 2020).

En este sentido, la creación de este escenario colaborativo en el que el alumnado tiene autonomía para llevar a cabo de forma libre un proyecto de investigación en el que debía encontrar respuestas a problemas inciertos, fortaleció la creatividad, la imaginación y el aprendizaje colaborativo, coincidiendo con las investigaciones de Caratozzolo y Delgado (2020) o Kennedy y Odell (2014). El hecho de que los estudiantes trabajaran en equipo les creó la necesidad de consensuar sus conclusiones y soluciones, potenciando así la capacidad de comunicación y colaboración, favoreciendo la reflexión y el cuestionamiento, así como el fortalecimiento del pensamiento científico y crítico, coincidiendo con las conclusiones de Bassachs et al. (2020).

Por otra parte, el desarrollo de estas competencias les permitió reforzar la responsabilidad compartida, potenciando la capacidad de los estudiantes para planificar y gestionar el tiempo, optimizando el reparto de tareas según las habilidades de cada miembro del equipo, con el fin de finalizar el proyecto en una fecha definida previamente.

Por último, el cierre del taller mediante una exposición de su trabajo dio a los estudiantes la oportunidad de trabajar con mayor profundidad en las habilidades de comunicación, ya que la necesidad de compartir el conocimiento y argumentar sus conclusiones potenció el desarrollo de la capacidad de hablar en público.

Las principales limitaciones del estudio, similares a las halladas por Diego-Mantecón et al. (2021), serían las siguientes: (i) el aprendizaje basado en proyectos STEAM precisa de un sistema de evaluación y una distribución temporal que no se adapta con facilidad a la normalizada en los centros educativos. El cumplimiento del currículum y la normativa de evaluación no siempre ayuda al desarrollo de proyectos de este tipo; (ii) es necesaria una formación previa del profesorado para el trabajo en proyectos STEAM y en competencias de alta habilidad. Esta preparación previa podría haber supuesto una mayor especialización en los resultados del proyecto. Salvar estas barreras suponen un gran desafío para nuestro sistema educativo actual, donde se hace necesario reservar parte del calendario escolar para la investigación con este tipo de proyectos. De esta forma, sería necesario flexibilizar la implantación de las programaciones didácticas de aula, con el fin de generar entornos educativos innovadores e interdisciplinarios.

En cuanto a las líneas prospectivas del estudio, sería interesante ampliar el alcance del estudio, realizando nuevas investigaciones en otros contextos educativos de diferente tipología y de otras etapas educativas, con el propósito de arrojar mayor luz sobre el desarrollo de las competencias del siglo XXI analizadas, con el fin de dar respuesta a las necesidades que demanda nuestra sociedad actual y futura.

5. Referencias bibliográficas

- Aguilera D, Ortiz-Revilla J. (2021). STEM vs. STEAM Education and Student Creativity: A Systematic Literature Review. *Education Sciences*, 11(7), 331. <https://doi.org/10.3390/educsci11070331>
- Almerich, G., Díaz-García, I. Cebrián-Cifuentes, S. y Suárez-Rodríguez, J. (2018). Estructura dimensional de las competencias del siglo XXI en los estudiantes universitarios de educación. *Relieve*, 24(1), 229-243. <https://doi.org/10.7203/relieve.24.1.12548>
- Amineh, R.J. y Asl, H.D. (2015). Review of Constructivism and Social Constructivism. *Journal of Social Sciences, Literature and Languages*, 1(1), 9-16.
- Anderson-Levitt, K. M. (2006). Les divers courants en anthropologie de l'éducation. *Dans Éducation et sociétés*, 1(17), 7-27. <https://doi.org/10.3917/es.017.07>

- Andreu-Andrés, M.Á. y García-Casas, M. (2014). Evaluación del pensamiento crítico en el trabajo en grupo. *Revista de Investigación Educativa*, 32 (1), 203-222. <http://dx.doi.org/10.6018/rie.32.1.157631>
- Barker, B. y Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of research on technology in education*, 39(3), 229-243. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481>
- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R., y Colomer, J. (2020). Fomentar la reflexión crítica en la educación primaria a través de enfoques STEAM. *Ciencias de la Educación*, 10(12), 384. <http://dx.doi.org/10.3390/educsci10120384>
- Binkley, M. et al. (2012) Defining Twenty-First Century Skills. In: P. Griffin, B. McGaw y E. Care (eds) *Assessment and Teaching of 21st Century Skills*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-94-007-2324-5_2
- Bassachs, M., Cañabate, D., Nogué, L., Serra, T., Bubnys, R. y Colomer, J. (2020). Fostering Critical Reflection in Primary Education through STEAM Approaches. *Education Sciences*, 10(12), 384. <https://doi.org/10.3390/educsci10120384>
- Casado, R. y Checa-Romero, M. (2020). Robótica y Proyectos STEA: Desarrollo de la creatividad en las aulas de Educación Primaria. *Pixel-Bit, Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69. DOI: <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>
- Caratozzolo, P. y Delgado, A. (2020). Desarrollo de pensamiento creativo en ingeniería usando el enfoque STEAM. *Congreso Internacional de Innovación Educativa 2020, CHIE2020*.
- Chalkiadaki, A. (2018). A Systematic Literature Review of 21st Century Skills and Competencies in Primary Education. *International Journal of Instruction*, 11 (3), 1-16, <https://doi.org/10.12973/iji.2018.1131a>
- Ching-Chiang, L., y Fernández-Cárdenas, J. (2020). Analysing Dialogue in STEM Classrooms in Ecuador: A Dual Socioeconomic Context in a High School. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 9(2), 194-215. doi:<http://dx.doi.org/10.7821/naer.2020.7.529>
- Clapp, E., y Jimenez, R. (2016). Implementing STEAM in Maker-Centered Learning. *Psychology of Aesthetics. Creativity and the Arts*, 10(4), 481-491. <https://doi.org/10.1037/aca0000066>
- Diego-Mantecón, J., Blanco, T., Ortiz-Laso, Z. y Lavicza, Z. (2021). STEAM projects with KIKS format for developing key competences, *Revista Comunicar*, 66, 33-43. <https://doi.org/10.3916/C66-2021-03>
- García-Cano, M., Márquez, E. y Antolínez, I. (2016). Una comunidad de aprendizaje desde el enfoque intercultural: Diálogos, emergencias y contradicciones en la práctica escolar. *Educación XXI*, 19(2), 251-271. <http://doi.org/10.5944/educXXI.16466>
- Guyotte, K. W., Sochacka, N. W., Costantino, T. E., Kellam, N., Kellam, N. N. y Walther, J. (2015). Collaborative creativity in STEAM: Narratives of art education students' experiences in transdisciplinary spaces. *International Journal of Education & the Arts*, 16(15). Retrieved from <http://www.ijea.org/v16n15/>
- Hafeez, M. (2021). Systematic Review on Modern Learning Approaches, Critical Thinking Skills and Students Learning Outcomes. *Indonesian Journal of Educational Research and Review*, 4(1), 167-78. DOI: <http://dx.doi.org/10.23887/ijerr.v4i1>
- Henriksen, D. (2014) Full STEAM Ahead: Creativity in Excellent STEM Teaching Practices. *The STEAM Journal*, 1 (2), 15. DOI: 10.5642/steam.20140102.15
- Higuera, O.I., Fernández-Samacá, L. y Serrano, L.F. (2021) Trends and opportunities by fostering creativity in science and engineering: a systematic review. *European Journal of Engineering Education*. DOI: 10.1080/03043797.2021.1974350
- Jonassen, D. (2008). Instructional design as design problem solving: An iterative process. *Educational technology: The magazine for managers of change in education*, 48(3), 21-26. Recuperado de <https://bit.ly/2XTjWbC>
- Kennedy, T. J., y Odell, M. R. L. (2014). Engaging Students in STEM Education. *Science Education International*, 25(3), 246-258. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1044508.pdf>
- Khanolainen, D., Semenova, E. y Magnuson, P. (2021). 'Teachers see nothing': exploring students' and teachers' perspectives on school bullying with a new arts-based methodology. *Pedagogy, Culture and Society*, 29(3), 469-491. <https://doi.org/10.1080/14681366.2020.1751249>
- Lin, Q., Yin, Y., Tang, X., Hadad, R. y Zhai, X. (2020). Assessing learning in technology-rich maker activities: A systematic review of empirical research, *Computers & Education*, 157, 103944, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2020.103944>.
- López, V., Couso, D. y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para un mundo digital: el papel de las herramientas digitales en el desempeño de prácticas científicas, ingenieriles y matemáticas. *RED Revista de Educación a Distancia*, 62 (20), 1-29. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/red.410011>
- López-Fernández, V. y Llamas-Salguero, F. (2018). Neuropsicología del proceso creativo. Un enfoque educativo. *Revista Complutense de Educación*, 29 (1), 113-127. <https://doi.org/10.5209/RCED.52103>
- Navarro, I., González, C., López, B. y Botella, P. (2015). Aprendizaje de contenidos académicos y desarrollo de competencias profesionales mediante prácticas didácticas centradas en el trabajo cooperativo y relaciones multidisciplinares. *Revista de Investigación Educativa*, 33(1), 99-117. DOI: <http://dx.doi.org/10.6018/rie.33.1.183971>
- Nielsen, D. y Thurber, S. (2018). Conexiones creativas. *La herramienta secreta de las mentes innovadoras*. Editorial Gustavo Gill.
- Peñaherrera, M., Ortiz, A. y Cobos, F. (2013). ¿Cómo promover la educación científica en el alumnado de primaria? Una experiencia desde el contexto ecuatoriano. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 10(2), 222-232. <http://hdl.handle.net/10498/15117>
- Piaget, J. (1978). La equilibración de las estructuras cognitivas. Problema central de desarrollo. Madrid: Siglo XXI.

- Rahman, N.A.; Rosili, R., Rambely, A.S. y Halim, L. (2021). Mathematics Teachers' Practices of STEM Education: A Systematic Literature Review. *European Journal of Educational Research*, 10 (3), 1541-1559. <https://doi.org/10.12973/eu-jer.10.3.1541>
- Rahmawati, R., Lestari, F. y Umam, R. (2019). Analysis of the Effectiveness of Learning in the Use of Learning Modules Against Student Learning Outcomes. *Desimal: Journal Matematika*, 2(3), 233-240. <https://doi.org/10.24042/djm.v2i3.4557>
- Reinking, A. y Martin, B. (2018). The gender gap in STEM fields: Theories, movements, and ideas to engage girls in STEM. *Journal of New Approaches in Educational Research*, 7(2), 148-153. <https://doi.org/10.7821/naer.2018.7.271>
- Root-Bernstein, R.S. (2003). The art of innovation: Polymaths and the universality of the creative process. In L. Shavanina (Ed.), *International handbook of innovation*, 267-278. Elsevier.
- Sang-Hong, K., Nam-Hun, P. y Kil-Hong, J. (2014). Effects of Flipped Classroom based on Smart Learning on Self-directed and Collaborative Learning. *International Journal of Control and Automation*, 7(12), 69-80 <http://dx.doi.org/10.14257/ijca.2014.7.12.07>
- Scardamalia, M., y Bereiter, C. (2003). Beyond Brainstorming: Sustained creative work with ideas. *Education Canada*, 43(4), 4-8.
- Shaffer, D.W. (2006). Epistemic frames for epistemic games. *Computers & Education*, 46(3), 223-234. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.11.003>
- Shneiderman, B. (2003). Leonardo's laptop: *Human needs and the new computing technologies*. The MIT Press.
- Torrelles, C., Coiduras, J., Isus, S., Carrera, F. X., París, G., y Cela, J. M. (2011). Competencia de trabajo en equipo: definición y categorización. *Profesorado. Revista de Currículum y Formación de Profesorado*, 15(3), 329-344. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=56722230020>
- Tunc, C., y Bagceci, B. (2021). Teachers' Views of the Implementation of STEM Approach in Secondary Schools and The Effects on Students. *Pedagogical Research*, 6(1), em0085. <https://doi.org/10.29333/pr/9295>
- Weitzman, E. A. (2004). Advancing the scientific basis of qualitative research. In C. C. Ragin, J. Nagel, & P. White (Eds.), *Workshop on scientific foundations of qualitative research*, 04(219), 145-148. National Science Foundation.
- White, D. y Delaney, S. (2021). Full STEAM ahead, but who has the map for integration? – A PRISMA systematic review on the incorporation of interdisciplinary learning into schools. *LUMAT: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 9 (2), 9-32. <https://doi.org/10.31129/LUMAT.9.2.1387>