

CAPÍTULO 91

EL LEGADO DE LOS ELEFANTÁSTICOS: UN VIAJE ÉPICO HACIA UNA NUEVA ERA MATEMÁTICA

CRISTINA NÚÑEZ GARCÍA*, SARA MONTERO FERNÁNDEZ**, Y
GONZALO CASTIÑEIRA VEIGA*

**Universidad de Santiago de Compostela; **Maestra de Educación Primaria*

INTRODUCCIÓN

En este capítulo del libro se describe un proyecto de innovación llevado a cabo en un aula de 2º curso de educación primaria por una maestra en formación durante su estancia en un centro escolar a lo largo de un período de prácticas. Dichas prácticas se sitúan en 4º curso de la titulación de Grado en Maestro/a de Educación Primaria de la Universidad de Santiago de Compostela. A través de este proyecto, se pretende evidenciar la posibilidad de abandonar la manera descontextualizada y carente de significado con la que se aborda la resolución de problemas matemáticos en las aulas de educación primaria. El hecho de que los/as futuros/as maestros/as puedan desarrollar en un aula real proyectos innovadores de este tipo supone un verdadero desafío en su formación. Por un lado, les permite observar prácticas basadas en metodologías activas, lo cual contribuye a minimizar la tendencia a reproducir patrones de enseñanza-aprendizaje meramente tradicionales. Por otro lado, enfrentarse a la gestión de este tipo de proyectos en un contexto real les ayuda a ganar experiencia y seguridad, factores clave para que se sientan cómodos/as incluyendo estas prácticas en el aula en el momento en el que ejerzan su profesión en las aulas.

El proyecto de innovación que aquí se recoge nace con la finalidad de contribuir al desarrollo del pensamiento lógico-matemático del alumnado al que va dirigido. El proyecto aborda el tratamiento de las matemáticas de manera contextualizada, pudiéndose enmarcar dentro de un enfoque STEAM (del inglés, Science, Technology, Engineering, Arts y Mathematics). En concreto, busca que los escolares trabajen la formulación y resolución de problemas a través del mayor desafío actual a nivel mundial, el cambio climático. Así, el desarrollo del proyecto pretende servir de contribución a la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la Agenda 2030, de forma consciente a través de un saber instrumental indispensable para alcanzarlos: las matemáticas y la resolución de problemas.

Para su diseño y planteamiento se han tenido en cuenta tanto corrientes metodológicas actuales en el ámbito de la investigación en Educación Matemática como la normativa curricular vigente. Así pues, en lo que sigue, se expone una

pequeña revisión bibliográfica acerca de la resolución de problemas en la educación primaria como herramienta para favorecer el desarrollo del pensamiento lógico-matemático, el enfoque STEAM y el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) por ser los ejes fundamentales del proyecto.

Revisión bibliográfica

Desde los años 80, existen numerosas investigaciones que otorgan gran importancia a la resolución de problemas. Ayllón et al. (2016) relacionan la implementación de la resolución de problemas en las aulas con el aumento del goce por la matemática y con el desarrollo de una actitud abierta y crítica. Sin embargo, en la escuela, este aspecto no recibió la atención requerida (Valiente et al., 2001). Fernández-Bravo (2010a) explica que las situaciones problemáticas que obligan a seguir unas reglas anulan la creatividad. Las técnicas adquiridas por repetición sucesiva inducen a la mecanización de procesos sin incidir en el razonamiento (Rosales et al., 2012). Teniendo esto en cuenta, Fernández-Bravo (2010b) subraya la necesidad de basar la educación en la experiencia y en el descubrimiento por medio de la manipulación de materiales en actividades que partan del vocabulario del alumnado y que lo desafíen y motiven, obligándolos/as a actualizar sus conocimientos. En consonancia con Fernández-Bravo, Chamoso et al. (2014) destacan la importancia de proponer problemas que permitan establecer conexiones entre las matemáticas y las situaciones con las que se enfrentan los/las niños/as en su día a día, cuidando que sean significativas para ellos/as y no les resulte algo nimio o trivial.

Pese a ello, en las aulas sigue primando el tratamiento descontextualizado de las matemáticas. A esto se suma el hecho de que, hasta ahora, la enseñanza se ha venido caracterizando por la existencia de currículos segmentados, lo cual supuso el foco de numerosas críticas. García (2021) señala que la realidad está formada por un conjunto de relaciones entre todos los elementos que intervienen en ella, y que reducir el aprendizaje a un área específica provoca la descontextualización del proceso de enseñanza-aprendizaje del mundo tangible. Las perspectivas en contra de esta segmentación de la realidad dieron soporte al fortalecimiento de nuevos métodos educativos centrados en la interdisciplinariedad de las áreas de conocimiento (Silva-Hormazábal et al., 2022).

En la última década del siglo XX, la National Science Foundation (NSF) creó un modelo novedoso, la enseñanza STEM (Science, Technology, Engineering e Mathematics), la cual comenzó a cobrar relevancia en el año 2010 en las políticas educativas de los EUA (Estados Unidos de América) (Villalba y Robles, 2021). Las limitaciones metodológicas y educativas que según diversos autores presentaba este enfoque, dieron lugar a su ampliación y, en consecuencia, a la hoy en día conocida STEAM (Villalba y Robles, 2021). Esta perspectiva propone la integración de cinco

áreas de conocimiento o disciplinas específicas que traducen dicha sigla en relación con las Ciencias, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas; las cuales, combinadas y vinculadas, se fortalecen entre sí (Yao y Mohr-Schroeder, 2019).

Quigley y Herro (2016) establecen que el objetivo del enfoque STEAM es “preparar a los estudiantes para resolver problemas apremiantes del mundo a través de la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación efectiva, la colaboración y, en última instancia, el conocimiento nuevo” (p. 410). En esta misma línea, Silva-Hormazábal et al. (2022) expresan que el enfoque STEAM ofrece respuesta a las demandas de la sociedad. Cuestionar problemas del mundo actual, como la crisis ambiental (Márquez y Roca, 2006), provoca que organismos internacionales como la UNESCO (Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, 2015) también valoren este término como una estrategia adecuada en el contexto de la Educación para el Desarrollo Sostenible (EDS). A través del enfoque STEAM se concibe la educación como el motor de la transformación social (Largo et al., 2017), pues permite el desarrollo del pensamiento crítico, del pensamiento computacional, de la autonomía, de habilidades de trabajo en equipo y de la autorregulación del aprendizaje, aumentando así la motivación del alumnado por aprender a aprender y contribuyendo a afrontar mejor los retos personales y tecnológicos y desafíos de la sociedad del siglo XXI (Conesa, 2021; Largo et al., 2017).

El ABP fue valorado como una metodología privilegiada para la puesta en marcha de los objetivos STEAM en forma de actividades en las que participan dos o más materias de este enfoque (Garrido et al., 2022). A través de su estudio, Tapia-Vélez et al. (2020), buscaron concienciar a los docentes sobre la importancia de desarrollar el pensamiento lógico por medio de la estrategia metodológica del ABP, contribuyendo así también al desarrollo del pensamiento crítico y reflexivo.

Este modelo, que surgió en 1969 en la Universidad MacMaster en Canadá, fue introducido con la finalidad de ayudar a los estudiantes a desarrollar sus habilidades de análisis por medio del trabajo con problemas estructurados (Travieso y Ortiz, 2018). Desde ese momento, este término fue centro de diferentes definiciones como la propuesta por Torp y Sage (1999), que señalan esta como una experiencia pedagógica o una estrategia de enseñanza organizada con la finalidad de investigar y resolver problemas. De manera similar, Sánchez y Ramis (2004) anotan que se basa en la “utilización de problemas, adecuadamente formulados, para motivar a los estudiantes a identificar y aprender los conceptos y principios que ellos necesitan conocer para resolverlos” (p.102).

Numerosos autores coinciden en que el ABP busca mejorar las habilidades de comunicación, la resolución de problemas contextualizados, la capacidad de abstracción y de adquisición de información, la comprensión y el aprendizaje significativo. Thomas (2000), por medio de una investigación exhaustiva sobre este

método, destaca el desarrollo de habilidades cognitivas de pensamiento crítico, de resolución de problemas y de la creatividad y el fortalecimiento de destrezas socioemocionales, de trabajo en equipo y de comunicación (ver Figura 1). Además, los estudios mencionados coinciden en la capacidad de esta metodología para aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes, directamente relacionado con el fomento de la motivación intrínseca.

Figura 1. Beneficios del ABP descritos por Thomas (2000)



Fuente: Elaboración propia

Descripción del proyecto de innovación

Contexto

El presente proyecto ha sido diseñado para llevar a cabo en un aula de 2º curso de Educación Primaria del Colegio Manuel Peleteiro, situado a tan solo diez minutos del centro de Santiago de Compostela. En concreto, la clase a la que va dirigido está formada por 24 estudiantes, de los cuales 11 son niños y 13 son niñas, de edades comprendidas entre los 6 y los 7 años. En general, el grupo-clase es bastante homogéneo en lo relativo a gustos, pudiendo destacar su predilección por los animales. Asimismo, muestran gran interés por las noticias y temas controvertidos de actualidad como el cambio climático y sienten gran curiosidad por descubrir el mundo que los rodea.

Metodología que guiará el aprendizaje

El proyecto de innovación que se describe en este documento consta de diecinueve sesiones con un claro enfoque interdisciplinar. Para su puesta en práctica se sigue una metodología STEAM y de ABP. A través de un ambiente de trabajo abierto, lúdico, flexible y motivador, en el que todas las emociones tengan cabida, se busca desarrollar la autonomía de los estudiantes para la resolución de problemas por

medio del trabajo en equipo. A tal fin, el aula se divide en seis grupos de cuatro discentes. Cada uno de ellos/as tendrá un rol definido dentro del mismo. Siguiendo a Ferro (2013), se nombra a un/a coordinador/a de distribuir las tareas encargado de asegurarse de que cada miembro cumple con sus responsabilidades, un relator que registrará por escrito las respuestas y un/a encargado/a de material. Además de estos tres, habrá un/a portavoz. A lo largo de las semanas de la propuesta, los discentes irán rotando estos cuatro roles dentro del equipo.

Actividades programadas

El proyecto de innovación abarca cuatro semanas de trabajo. Antes de dar comienzo, se entrega a cada grupo de trabajo un dossier, que dará una visión global del proyecto. En él se recogen todos los problemas que tendrán que resolver a lo largo del mismo. Además, les permitirá llevar un registro del trabajo grupal en cada una de las sesiones. Dicha herramienta ayudará a hacer un seguimiento del aprendizaje del alumnado, configurando así el instrumento principal de evaluación. A continuación, se detallan algunas de las actividades que engloba el proyecto.

El proyecto arranca con la lectura del cuento de Elmer a través de la técnica del “teatro de papel” o Kamishibai, empleando las láminas que se muestran en la Figura 2. Dicha lectura deriva en una reflexión en gran grupo sobre las emociones y en una puesta en común para conocer las ideas previas del alumnado acerca del cambio climático. Una vez se consigue crear entre todos una definición sobre este concepto, se dirige la atención hacia el continente africano y, concretamente, Tanzania como ejemplo de país en el que este problema está siendo cada vez más preocupante.

Figura 2. Láminas empleadas para contar la historia de “Elmer” y butai

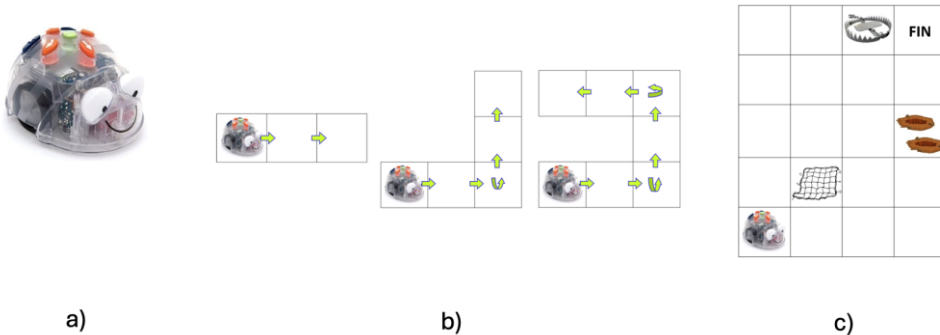


Para localizarlo, nos ayudamos de un mapa del mundo en formato físico y otro digital del propio país. El hecho de situar espacialmente el proyecto en África se debe

a que en este continente habita una población importante de los protagonistas del proyecto, los elefantes, que se ven obligados a migrar en busca de su propia supervivencia a causa del cambio climático. Las siguientes sesiones de trabajo comienzan con la narración de una historia en la que Elmer forma parte de una manada de elefantes africanos que, a causa del cambio climático, se ve obligada a migrar. Para ello, seguirán la Gran Ruta de Migración del Elefante que se extiende desde el Parque Nacional Tarangire hasta el Parque Nacional Serengeti. Se empleará un mapa que facilite la localización de estos dos lugares con el fin de que se hagan a la idea de la trayectoria que seguirán los animales.

La historia que se narra al inicio de cada sesión servirá de pretexto para proponer desafíos que el alumnado irá resolviendo. Algunos de ellos se resolverán gracias a la ayuda de la robótica. Por este motivo, en una de las primeras sesiones se dedicará un tiempo a que el alumnado se familiarice con los Blue-Bots, comenzando por la programación de recorridos sencillos (ver Figuras 3a y 3b). Una vez manejen los robots con destreza, se propondrá a los discentes que diseñen un recorrido que permita a los elefantes escapar de las trampas puestas por los cazadores furtivos mostradas en la cuadrícula de la Figura 3c.

Figura 3. a) Blue-bot; b) Recorridos sencillos para empezar a programar; c) cuadrícula con diferentes trampas que los elefantes tienen que esquivar



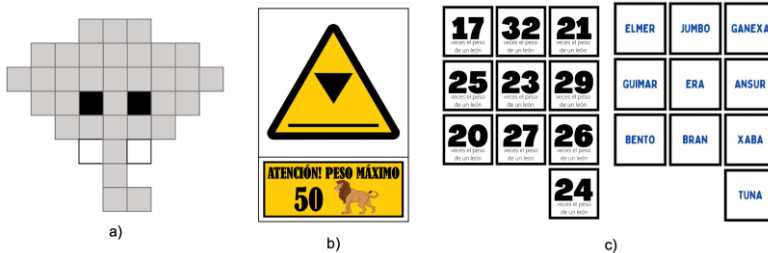
También, dentro del proyecto se proponen diferentes actividades relacionadas con la medida de magnitudes. La primera de ellas está relacionada con una charca que encuentran los elefantes en el camino seguido por su ruta migratoria. Dicha charca cuenta con un poco de agua y todos los elefantes quieren beber. Para saber si el agua que contiene será suficiente para que toda la manada pueda beber, deberán resolver un problema en el que se conjugan la aritmética y la medida de la magnitud capacidad empleando unidades de medida no convencionales.

Una vez resuelto ese problema, deberán resolver un segundo problema en el que tienen que reconstruir la charca en la terraza del aula empleando cinta adhesiva. Esta

actividad se enmarca en el trabajo de la magnitud longitud con unidades de medida no estándar y, concretamente, consiste en una situación de construcción. Una vez hecho esto, con la ayuda de objetos intermedios de comparación (cuerdas), tendrán que indagar si todos los elefantes caben alrededor de la charca, sabiendo que cada uno ocupa lo mismo que la longitud de los brazos de la maestra abiertos. Las soluciones a ambos problemas quedarán registradas en el dossier de cada grupo.

Otra de las actividades para trabajar la medida, en concreto la medida de la magnitud superficie, consistirá en la creación de carteles con la silueta de los elefantes (ver Figura 4a). Para elaborarlos, se le proporciona a cada grupo una cartulina y un sobre con 40 cuadrados de igual tamaño. La diferencia entre el material proporcionado a los diferentes grupos serán las dimensiones de los cuadrados: dos equipos tendrán cuadrados de 4cm de lado, otros dos de 6cm de lado y los dos restantes de 8cm de lado. De este modo, a pesar de que los elefantes construidos consten del mismo número de cuadrados, su superficie será diferente. Los estudiantes deberán reflexionar sobre el porqué de esta diferencia, introduciendo así la relación inversamente proporcional entre la medida de la cantidad de magnitud de un objeto y la unidad de medida empleada.

Figura 4. Material empleado en algunas de las sesiones del proyecto



La medida de la magnitud masa se trabaja a través de un problema en el que se plantea que los elefantes tienen que pasar por un puente con una señal en la que se muestra el peso máximo que puede soportar expresado en número de leones (Figura 4b).

Para ganar rapidez, los elefantes pasarán el puente por parejas, pero tendrán que organizarse de tal forma que, cada una de ellas no supere el peso máximo. Los estudiantes se deberán de ayudar de las tarjetas de la Figura 4c, en las que se indica el peso de cada uno de los elefantes expresado en número de leones, para poder establecer las combinaciones posibles. Con el fin de que el alumnado compruebe si las respuestas son erróneas o acertadas, se les proporcionará una balanza y un bote de policubos. Cada policubo representará simbólicamente el peso de un león. Así, para comprobar las soluciones, pondrán en un lado de la balanza un conjunto de 50

Evaluación

La evaluación del alumnado en este proyecto será continua, formativa e integradora. A lo largo de las sesiones se llevarán a cabo dos autoevaluaciones y coevaluaciones, que tendrán un valor del 25% de la nota final. La primera de ellas tendrá lugar tras las tres primeras sesiones y la segunda al final de la propuesta. Ambas constarán de una lista de control y de cuatro preguntas de fácil comprensión centradas en cuestiones actitudinales recogidas en la Figura 6. La docente, por su parte, para evaluar el porcentaje restante correspondiente al 75%, empleará una rúbrica de evaluación. Para completar la misma, se apoyará en el dossier de trabajo, en sus observaciones y en las anotaciones que haga en su cuaderno durante las clases. Así, mientras el dossier aporta una visión del trabajo grupal, los otros dos instrumentos mencionados dan una perspectiva más individualizada.

Figura 6. Autoevaluaciones y coevaluaciones empleadas en la propuesta

The figure shows two evaluation forms side-by-side. The left form is titled 'REFLECTION ON THE WORK DONE' and the right one is 'REFLEXIÓN SOBRE EL TRABAJO REALIZADO'. Both forms feature a Likert scale at the top with three options: 1 (thumbs down), 2 (thumbs up), and 3 (two thumbs up). Below the scale is a grid for evaluation. The left grid has columns for 'ME' and 'TEACHER' and rows for four different criteria. The right grid has a single column for 'EVALUADOR' and rows for four criteria. Below the grids are four reflection questions in both languages.

	ME	TEACHER
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

What do you feel most proud of?

What mistakes have you made?

What do you like the most?

What do you like the least?

	EVALUADOR
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>
1 - 2 - 3	<input type="checkbox"/>

¿De qué te sientes más orgulloso?

¿Qué errores cometiste?

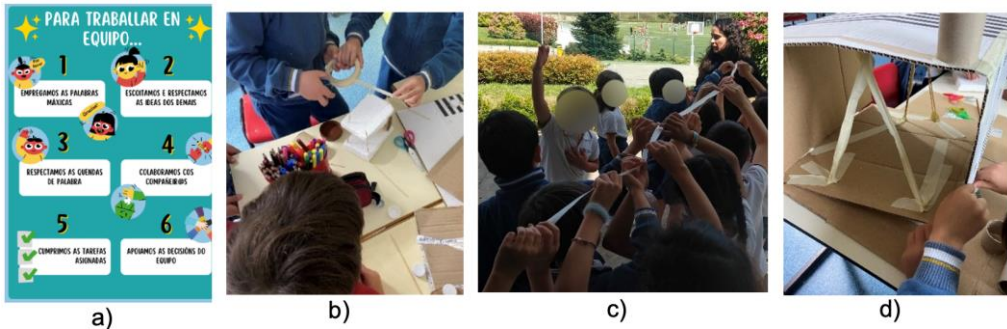
¿Qué te gustó más? ¿por qué?

¿Qué fue lo que más te gustó?

Resultados encontrados

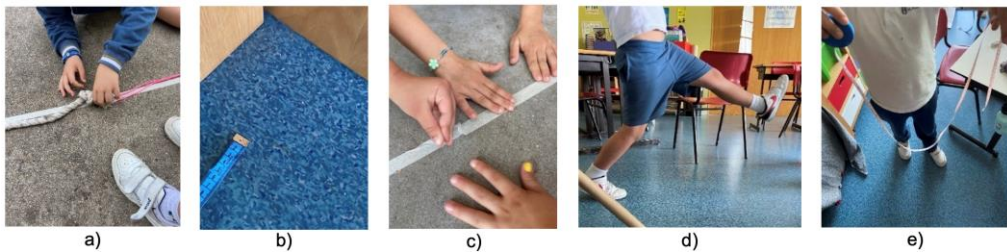
El proyecto Elefantásticos fue desarrollado durante el Prácticum II del Grado de Educación Primaria 2022/23, con un enfoque interdisciplinar y bajo una metodología STEAM. Los resultados de las actividades de medida, robótica y probabilidad muestran avances significativos en el aprendizaje autónomo, la aplicación de estrategias científicas y la resolución colaborativa de problemas (ver Figura 7).

Figura 7. Trabajo colaborativo en el transcurso del proyecto



En cuanto a las actividades de medida, los estudiantes mostraron una buena comprensión de los procesos de medición, aunque surgieron algunas dificultades al emplear unidades de medida no convencionales (ver Figura 8).

Figura 8. Actividades de medida de longitudes



Por ejemplo, algunos alumnos no ajustaban correctamente las unidades al medir la longitud del aula con objetos inusuales. Del mismo modo, la falta de precisión al utilizar pasos como unidad de medida generó variaciones en los resultados. Asimismo, se observaron errores al expresar los resultados en unidades de medida incorrectas, reflejando una comprensión errónea sobre la relación entre unidades convencionales y no convencionales. A pesar de estos desafíos, el uso de materiales manipulativos, como los polícubos, facilitó la autoevaluación y la corrección de errores, fomentando así la autonomía de los estudiantes.

En las actividades relacionadas con la robótica, cabe destacar la progresión en la comprensión del lenguaje de programación y los controles de los robots (Figura 9).

Figura 9. Actividades de robótica



Inicialmente, los estudiantes tuvieron dificultades para entender cómo los comandos de giro funcionaban de forma independiente del avance. Además, algunos mostraron problemas de visualización espacial, en particular para diferenciar derecha e izquierda. En estos casos, el trabajo en parejas y la verbalización y discusión de los errores, ayudaron a superar estos obstáculos. Con el tiempo, algunos grupos adquirieron la confianza suficiente para experimentar con comandos más complejos, como el botón de “marcha atrás”, lo que denotó una evolución en su capacidad para resolver problemas de manera más creativa y eficiente.

En el área de probabilidad y estadística, cada estudiante empleó estrategias diferentes para organizar la información, lo que puso en evidencia la convergencia de diversas formas de abordar los problemas. Esta diversidad de enfoques permitió a los estudiantes desarrollar habilidades de pensamiento crítico y lógico, además de comprender que existen múltiples caminos para llegar a una solución. Las estrategias discutidas y aplicadas en grupo fomentaron un aprendizaje colaborativo que ayudó a fortalecer la confianza entre los alumnos/as, incluidas aquellas personas más introvertidas que, al final del proyecto, expresaron en la autoevaluación su satisfacción por haber podido participar en la propuesta.

En general, la implementación de este proyecto evidenció que el uso de actividades contextualizadas, el trabajo cooperativo y la integración de la robótica y la probabilidad en el aula pueden mejorar notablemente las habilidades de pensamiento lógico-matemático y la autonomía de los estudiantes. La correcta aplicación de estas estrategias permitió corregir errores y facilitó el desarrollo de un aprendizaje más significativo y autónomo.

CONCLUSIONES

El contacto de los/as maestros/as en formación con este tipo de proyectos permite que se den cuenta de la importancia que tiene llevar a cabo en las aulas propuestas innovadoras que contribuyan a aumentar la motivación intrínseca del alumnado. Esto se debe a que este tipo de propuestas permiten desarrollar el gusto de los/as más pequeños/as por aprender a aprender y disminuir el miedo que,

asignaturas como matemáticas o tareas como la resolución de problemas, pueden causar.

Sin embargo, también permite que comprendan que desarrollar este tipo de proyectos no es siempre una tarea sencilla. La dificultad para encontrar horas en las que poder realizar estas propuestas ayuda a que los/as maestros/as en formación sean capaces de ver la gran limitación que supone la organización de la ley educativa para implementar iniciativas útiles y novedosas como esta. Estamos inmersos en un sistema educativo centrado en la adquisición de objetivos y en la evaluación de resultados en el que no se da el valor que corresponde a este tipo de proyectos. Con todo, es crucial reconocerlos como una herramienta clave en la formación integral del alumnado ya que contribuyen a la adquisición de habilidades fundamentales relacionadas con la resolución de problemas, la creatividad, el pensamiento lógico-matemático y crítico y el trabajo en equipo.

Tal y como se evidencia en este trabajo, es imprescindible introducir la invención y resolución de problemas en las aulas de educación primaria por medio de propuestas contextualizadas y realistas que impliquen el trabajo manipulativo y cooperativo y favorezcan la interdisciplinariedad. Continuar con el mecanicismo de las metodologías tradicionales tan solo desembocará en dificultades para encontrar y comprender las relaciones entre conceptos, resolver situaciones problemáticas y, en definitiva, obtener aprendizajes significativos que contribuyan a la formación de una ciudadanía reflexiva, crítica, sensible, responsable, informada, tolerante, empática y solidaria.

REFERENCIAS

Ayllón, M. F., Gómez, I. A., y Ballesta-Claver, J. (2016). Pensamiento matemático y creatividad a través de la invención y resolución de problemas matemáticos. *Propósitos y Representaciones*, 4(1), 169–218.

Chamoso, J. M., Vicente, S., Manchado, E., y Múñez, D. (2014). Los problemas de matemáticas escolares de primaria, ¿son solo problemas para el aula? *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 261–279.

Conesa, P. J. (2021). La mentalidad de crecimiento: el antídoto para superar las barreras que se encuentran en las disciplinas STEM. En M. P. Prendes, I. M. Solano, y M. M. Sánchez (Eds.), *Tecnologías y pedagogía para la enseñanza STEM* (pp. 203–222). Pirámide.

Fernández-Bravo, J. A. (2010b). *Modelos para resolver problemas matemáticos: Metacognición y creatividad*. Edelvives.

Fernández-Bravo, J. M. (2010a). *La resolución de problemas matemáticos. Creatividad y razonamiento en la mente de los niños*. Grupo Mayéutica.

Ferro, E. (2013). Los proyectos de aprendizaje para el logro de competencias. *Ministerio de Educación*.

García, M. (2021). *Aventuras STEAM. Ciencia, tecnología, ingeniería y arte: Un universo de conexiones matemáticas*. Catarata.

Garrido, S. D. P., Leal Mora, P. E., y Lagos Hurel, D. C. (2022). Desarrollo del pensamiento transdisciplinario: Diseño de situaciones de aprendizaje con metodología STEAM para primer ciclo básico del sistema escolar rural de la Araucanía. *Revista de Filosofía*, 100, 195–211.

Largo, J. J., Marín, J., y Mejía, A. (2017). Estrategias educativas para generar movimientos educativos juveniles en torno a las competencias STEAM. *VirtualEduca*, 1(1), 1–10.

Quigley, C. F., y Herro, D. (2016). Finding the joy in the unknown: Implementation of STEAM teaching practices in middle school science and math classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25(3), 410–426. doi: 10.1007/s10956-016-9602-z

Rosales, J., Vicente, S., Chamoso, J. M., Muñez, D., y Orrantía, J. (2012). Teacher–student interaction in joint word problem solving: The role of situational and mathematical knowledge in mainstream classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 28(8), 1185–1195.

Sánchez, I. R., y Ramis, F. J. (2004). Aprendizaje significativo basado en problemas. *Horizontes Educativos*, 9(1), 101–111. Recuperado de <https://ubiobio.cl>

Silva-Hormazábal, M., Jefferson, R. S., Alsina, Á., y Salgado, M. (2022). Integrando matemáticas y ciencias: Una actividad STEAM en Educación Primaria. *Unión: Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 18(66).

Tapia-Vélez, J. J., García-Herrera, D. G., Erazo-Álvarez, J. C., y Narváez-Zurita, C. I. (2020). Aprendizaje basado en problemas como estrategia didáctica para el desarrollo del razonamiento lógico matemático. *Revista Koinonía*, 5(1), 753–772.

Thomas, J. W. (2000). A review of research on project-based learning. *Autodesk Foundation*.

Torp, L., y Sage, S. (1999). *El aprendizaje basado en problemas*. Amorrortu.

Travieso, D., y Ortiz, T. (2018). Aprendizaje basado en problemas y enseñanza por proyectos: Alternativas diferentes para enseñar. *Revista Cubana de Educación Superior*, 37, 124–133.

UNESCO. (2015). *La UNESCO y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)*. UNESCO.

Valiente, S., Hernández, F., y Soriano, E. (2001). Enseñanza y aprendizaje de las matemáticas en educación primaria. *Educación Matemática*, 13(1), 119–123.

Villalba, J. V., y Robles, F. J. (2021). “Del árbol al cuadro”: Un proyecto didáctico STEAM para Educación Primaria. *Educación*, 30(59), 275–293.

Yao, S., y Mohr-Schroeder, M. J. (2019). Informal learning in STEM education. En A. Sahin y M. J. Mohr-Schroeder (Eds.), *Myths and Truths – What Has K-12 STEM Education Research Taught Us?* (pp. 143–152). Brill.