



EVALUACIÓN DE UNA PROPUESTA EDUCATIVA SOSTENIBLE CON UN ENFOQUE STEM PARA MEJORAR LA ACTITUD HACIA LAS CIENCIAS O MATEMÁTICAS EN ESTUDIANTES DE 5° Y 6° DE EDUCACIÓN PRIMARIA DE ESPAÑA

Evaluation of a sustainable educational proposal with a STEM approach to improve attitudes towards science or mathematics in 5th and 6th grade primary school students in Spain

Cristian Ferrada [cristian.ferrada@ulagos.cl] Universidad de Los Lagos, Departamento de Educación, Sede Castro, Chiloé, Chile. <https://orcid.org/0000-0003-2678-7334>

Javier Carrillo-Rosúa [fjcarril@ugr.es] Universidad de Granada, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Granada, España. Instituto Andaluz de Ciencias de la Tierra (CSIC-UGR), Granada, España. <http://orcid.org/0000-0003-2889-3966>

Danilo Díaz-Levicoy [dddiaz01@hotmail.com] Universidad Católica del Maule, Facultad de Ciencias Básicas, Talca, Chile. <https://orcid.org/0000-0001-8371-7899>

Francisco Silva-Díaz [fsilva@correo.ugr.es] Universidad de Granada, Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Granada, España. <https://orcid.org/0000-0002-7047-3546>

Resumen

Se presenta una investigación asociada a la implementación de un proyecto interdisciplinar, con un enfoque STEM, aplicado en un centro educativo de Educación Primaria en un contexto vulnerable. El trabajo con los estudiantes se realizó según una metodología de indagación y resolución de problemas. Se sigue un diseño cuasi-experimental utilizándose como variables dependientes la actitud hacia las ciencias y las matemáticas, analizadas pre-intervención y pos-intervención. El grupo experimental lo conforman 15 estudiantes de 3er ciclo, formándose el grupo control a partir de un proceso matching con el resto de los estudiantes del centro. Los hallazgos informan que la implementación del programa STEM genera mejores resultados en la actitud hacia las ciencias ($p=,004$; $TE= 1,254$) que las matemáticas ($p=,574$; $TE=,382$) las herramientas tecnológicas utilizadas, el tiempo de trabajo y el proceso de conexión entre disciplinas en STEM refuerzan el trabajo realizado. Finalmente, la investigación implica que existe la necesidad de aumentar la comprensión de las interrelaciones entre los aspectos de STEM, y la necesidad de desarrollar modelos de aprendizaje basados en STEM para apoyar la aplicación de STEM en los aprendizajes.

Palabras clave: Educación STEM; robótica educativa; actitud hacia las ciencias; actitud hacia las matemáticas; Educación sostenible; educación inclusiva.

Abstract

An investigation associated with the implementation of an interdisciplinary project, with a STEM approach, applied in a Primary Education center in a vulnerable context is presented. The work with the students was carried out according to a methodology of inquiry and problem solving. A quasi-experimental design is followed, using as dependent variables the attitude towards science and mathematics, analyzed pre-intervention and post-intervention. The experimental group is made up of 15 3rd cycle students, forming the control group from a matching process with the rest of the students at the center. The findings inform that the implementation of the STEM program generates better results in the attitude towards science ($p=,004$; $TE= 1,254$) than mathematics ($p=,574$; $TE=,382$) the technological tools used, the work time and the connection process between disciplines in STEM reinforce the work carried out. Finally, the research implies that there is a need to increase the understanding of the interrelationships between aspects of STEM, and the need to develop models of learning based on STEM to support the application of STEM in learning.

Keywords: STEM education; educational robotics; attitude towards science; attitude towards mathematics; Sustainable education; Inclusive education.

INTRODUCCIÓN

El movimiento STEM (acrónimo, por sus siglas en inglés, de *Science, Technology, Engineering y Mathematics*) surge como una respuesta a la necesidad de ampliar competencias en el estudiantado preparándolo para un mundo cada vez más condicionado por los avances científicos y tecnológicos; es decir es consecuencia de un impulso de gobiernos como el de Estados Unidos de cara a promover su competitividad económica global (Bybee, 2013). Para Martín-Páez *et al.* (2019) los aprendizajes desarrollados en base a una educación STEM, se generan como el resultado de la integración de diversos contenidos, siendo indispensable su fomento en procesos de tecnificación (Kim & Lee, 2016; Sanders, 2009). Resulta fundamental presentar la integración de la educación STEM a los procesos de enseñanza y aprendizaje, considerando el potencial científico transversal que presenta el desarrollo de actividades enmarcadas en la adquisición de competencias científicas matemáticas, y tecnológicas (MECD, 2014; Michael *et al.*, 2017).

La investigación educativa ha puesto de manifiesto que los aprendizajes están muy condicionados por las actitudes, siendo, por ende, cruciales para favorecer los aprendizajes (e.g. Osborne *et al.*, 2003). Para Gómez-Montilla y Ruiz-Gallardo (2016) la actitud es vista como un constructo complejo multidimensional compuesto por componentes cognitivos y afectivos. En el mismo sentido Casis *et al.* (2017) relaciona el concepto de actitud como la suma de inclinaciones y sentimientos, prejuicios o distorsiones, nociones preconcebidas, ideas, temores, amenazas y convicciones de un individuo acerca de cualquier asunto específico.

De esta forma, los cambios en la actitud en ciencias o matemáticas son objetivos de primera magnitud y podrían ser promovidos mediante cambios metodológicos, enriquecimiento de los contextos de aprendizaje, y uso de tecnologías, lo cual Zhao *et al.* (2021) comprenden como un modelo de aprendizaje basado en la indagación, facilitando la comprensión de los conceptos científicos por parte de los estudiantes, en vista del cambio de actitud en los aprendizajes.

Aunque la necesidad de las sociedades es aumentar el número de egresados en titulaciones STEM, además de mejorar la alfabetización científico-matemática, esto no se consigue si no se trabaja específicamente en los niveles educativos más elementales que es donde se propician esas actitudes positivas hacia las ciencias (Maltese & Tai, 2010) y las matemáticas (Arabit-García & Prendes-Espinosa, 2020). Sin embargo, en el panorama educativo actual, particularmente el de España, presenta un currículum muy atomizado en materias específicas, dificulta la implementación de estrategias integradoras como las que propicia la orientación con un enfoque STEM. Una alternativa a esta dificultad es aprovechar horarios extraescolares, que investigaciones previas ponen de manifiesto como un medio adecuado para promover el trabajo en el ámbito STEM (Hervás-Torres *et al.*, 2017; Young *et al.*, 2017).

Ante este escenario, el proyecto Ciudad Sostenible Granada (CISOGRA) aquí presentado, busca reforzar disciplinas STEM, en estudiantes de 5º y 6º curso de Educación Primaria en un contexto diverso y vulnerable y fomentar la mejora en actitud hacia las ciencias y las matemáticas, a través de robótica educativa y métodos de trabajo integradores, potenciando y acercando la tecnología, ciencias y matemáticas mediante acciones creativas y concretas en los campos educativos STEM; poniendo el énfasis en las energías renovables y promoviendo valores para el cuidado del medioambiente y la sostenibilidad, De igual forma que Muñoz-Campos *et al.* (2020) se pretende generar integración del desarrollo de prácticas científicas (argumentación, indagación y modelización) en el contexto de problemas o situaciones de la vida diaria. Se busca diseñar, implementar y evaluar una secuencia de enseñanza-aprendizaje cuya finalidad es el desarrollo de dichas prácticas científicas utilizando como contexto la robótica y elementos curriculares en ciencia y matemáticas, para su posterior evaluación en actitudes en dichas áreas del conocimiento.

LA EDUCACIÓN STEM MEDIANTE LA ROBÓTICA, SOSTENIBILIDAD. EN EL AULA

Al analizar la literatura existente vinculada con el desarrollo de habilidades y actitudes hacia la educación STEM, observamos que Doménech-Casal (2018) señala que, para cumplir con este objetivo, es necesario conectar el trabajo mediante diversas metodologías de aprendizaje, con la interacción de componente didáctico y herramientas tecnológicas. Así se propone una metodología basada en indagación, mediante la cual, se logra despertar la curiosidad de los estudiantes (Romero Ariza *et al.*, 2017). En la misma línea, Rogers y Portsmore (2004) indican que la incorporación de la ingeniería dentro de las propuestas STEM en centros educativos de Educación Primaria, proporciona una forma dinámica de conectar, aplicar y reforzar elementos de diseño en ciencias y matemáticas de manera práctica. La ingeniería, trabajada en robótica,

contribuye en la adquisición de conocimientos relevantes en áreas científicas y el refinamiento del pensamiento computacional y lógico.

La educación STEM no debe ser concebida como una disciplina en donde lo fundamental sea el contenido, más bien su rol didáctico de la enseñanza (Zollman, 2012). Se pone de manifiesto la necesidad de entregar una educación científica en la práctica, estableciendo relaciones entre los diversos contenidos y procedimientos trabajados, dotando al estudiante de aprendizajes en el cómo y para que dé la tarea (Bybee, 2010).

La revisión de la literatura muestra estudios del enfoque STEM en diversos contextos educativos. Por ejemplo, Horwedel (2006), a través de su programa de intervención en el contexto americano, nos muestra como el fomento de competencias científico tecnológico en etnias minoritarias de Estados Unidos, incentiva la elección por carreras STEM. Ruiz-Vicente *et al.* (2020), mediante un análisis de las propiedades STEM del currículo, lleva a la práctica un proyecto de aprendizaje que utiliza la robótica educativa como herramienta didáctica e incorporando distintos elementos metodológicos, teniendo como eje central la promoción de habilidades STEM. Del mismo modo, Gross y Gross (2016) y Gates (2017) demuestran que es posible incentivar y mejorar la motivación de los estudiantes, por medio de actividades inmersas en el contexto STEM.

Ante la necesidad de dar respuesta al creciente interés por aumentar la participación en áreas científicas-tecnológicas los avances tecnológicos han reducido su costo, de esta forma se ha facilitado el uso de robots en las aulas, como una forma de enfrentar los problemas. En este sentido, la robótica es vista como una respuesta a situaciones cotidianas, mediante acciones auténticas que posibilitan aprendizajes, equilibrando conocimientos de ciencias y matemáticas, desarrollando técnicas de creatividad, deliberadas y estructuradas (Nemiro *et al.*, 2015). Para Kim y Lee (2016) el trabajo con robots educativos posee un impacto directo en el aprendizaje de los estudiantes (como material nuevo), despertando procesos sociales y metacognitivos, mediante el impacto en áreas temáticas como las científicas y las de desarrollo personal o social. Como antecedente, Benitti (2012) informa que las diferentes aplicaciones facilitadas por la tecnología robótica en educación se han centrado en apoyar la enseñanza de materias que están estrechamente relacionadas con esta temática, en donde la programación, construcción de robots y mecánica son las áreas mayormente utilizadas.

Para Julià y Antolí (2015) la diversidad de aplicaciones multidisciplinarias de la robótica en el área educativa ayuda a mejorar la motivación, actitud y capacidades de los estudiantes, representando una oportunidad para acercar la tecnología en las aulas, y aplicar a la resolución de problemas, creatividad de diseños y el trabajo cooperativo en grupos. Nemiro *et al.* (2015) enfatizan en el carácter transdisciplinario que ofrece el trabajo con robot, involucrando responder a desafíos que combinan áreas de la mecánica, ingeniería, electrónica e informática, promocionando un nuevo enfoque de trabajo, el cual involucra la introducción al desarrollo del pensamiento computacional y programación a través de la robótica (Marrero, 2019). Para Suescun-Florez *et al.* (2013) la utilización de la robótica facilita la incorporación de estilos diferentes de aprendizaje en los estudiantes y según Datteri y Zecca (2016) los experimentos desarrollados con robots, poseen un potencial rápido y directo de respuesta a los diversos ejercicios que se presentan, lo cual recorta el tiempo de evolución de las actividades, ejemplos en medición de aceleración, programación, sensores, entre otros, siendo considerada una herramienta valiosa para el aprender haciendo.

Para Nemiro *et al.* (2015) el refuerzo en la concepción de la robótica es entendida como estrategia motivacional, un medio desafiante para acercar las áreas STEM. Combinar las instrucciones de programación y la interacción con los robots, despierta la motivación y afectividad por las áreas trabajadas. La programación desarrollada en robots ofrece diversas experiencias de aprendizaje, incentivando la atención en lograr metas y desafíos a corto plazo (Barak & Zadok, 2009)

Particularmente, cabe destacar la interfaz gráfica de Scratch que ofrece un lenguaje de programación amigable con los participantes, óptimo para los estudiantes sin experiencia, favoreciendo un método de aprendizaje activo, que utiliza una secuencia de comandos a modo de mosaico facilitando la ideación de instrucciones transmitidas a los robots, mediante el arrastre de iconos preestablecidos (Barak & Zadok, 2009; López-Escribano & Sánchez-Montoya, 2012).

Cada vez es más común ver los esfuerzos centrados en la igualdad de roles, orientados a incorporar de forma directa a la mujer, por ejemplo, en diferentes proyectos de Educación STEM. En este sentido, Barragán y Ruiz (2013) analizan la oportunidad que representa la igualdad de género en el mundo científico, resaltando la integración y cooperación que se desarrolla al buscar aprender en un ambiente colaborativo, y en un clima de igualdad entre hombres y mujeres. La integración de las mujeres a equipos de trabajo en áreas STEM, responde a una necesidad de fomentar el trabajo en grupos, el cual ha demostrado que con una mayor

diversidad se logra más calidad y mejora la productividad, de esta forma el fomento en la elección de carreras STEM apunta directamente a mejorar la integración y participación en la educación, ya que esta formación es vista como uno de los motores en las economías que han logrado un mayor avance en el mundo (Dickson, 2010; Joy, 2000)

Por su parte, Arenas (2011) ve en las nuevas tecnologías una oportunidad de acercar a las mujeres de forma directa a un trabajo en campos científicos, que generalmente se vinculaba a los hombres; la forma como nos familiaricemos con los nuevos avances facilitará la integración de género en las diversas áreas de estudio. Spelke (2005) refuerza el concepto que hombres y mujeres poseen las mismas capacidades en ciencias y matemáticas, fundamentadas en las bases biológicas de los individuos.

Lograr una igualdad de género en las disciplinas STEM requiere de diferentes esfuerzos; por ejemplo, es necesario fomentar una participación desde edades iniciales en los estudiantes, de esta forma, se ofrecen igualdad de oportunidades para el logro las metas iniciales. En definitiva, es necesario fomentar medidas para acercar a las mujeres a estudiar y desarrollar carreras profesionales en entornos tecnológicos-científicos, aumentando el reclutamiento a una edad temprana, como parte de una estrategia importante de inclusión en estas disciplinas (Spelke, 2005; Dickson, 2010; Joy, 2000).

Sin duda, la educación para la sostenibilidad representa otra de las necesidades de un mundo que vive en una crisis climática global. Particularmente, formar y concienciar sobre las fuentes de energía renovables y el uso adecuado de los materiales (Regla de las 3R), representan una solución ante los escenarios mundiales que nos encontramos (Duque *et al.*, 2011). La sostenibilidad nos muestra una oportunidad de generar desafíos, actuando de forma transversal; en las ciencias encuentra fácilmente su soporte curricular implicando un cambio de conciencia en los estudiantes, quienes con acciones concretas ensayan cómo es posible generar un cambio social (Sauvé, 2000). De esta manera, Ruiz-Vicente *et al.* (2020) utiliza elementos de sostenibilidad, desarrollando una alfabetización tecnológica, incorporando distintos elementos metodológicos provenientes del *flipped classroom*, el aprendizaje basado en problemas y el aprendizaje cooperativo mediante la programación con robótica.

Finalmente, hay que mencionar que la educación y propuestas STEM al igual que la inclusión de nuevas tecnologías, ha sido percibida como un elemento segregador más en lugar de como una oportunidad para mejorar la inclusión educativa. Sin embargo, Ramírez y Sosa (2013) presenta experiencias en las que el aprendizaje de la robótica se desarrolla interdisciplinariamente permitiendo fomentar el trabajo en equipo, aprendizaje colaborativo, mediante una propuesta inclusiva en diversos contextos socioeconómicos. En este sentido, Silva-Díaz *et al.* (2020) muestran como la introducción de propuestas STEM y tecnología en contextos de exclusión social producen mejoras efectivas en actitud hacia las ciencias y las matemáticas. Este tipo de experiencias es facilitado por un proyecto educativo como el de “Comunidades de Aprendizaje”, dentro de la esfera de la educación inclusiva, y que impulsa de manera extraordinaria la colaboración entre comunidad y escuela, y que implica la potenciación de las interacciones entre los estudiantes favorecedores del aprendizaje, las altas expectativas hacia los estudiantes y extensión del tiempo de aprendizaje (e.g. Flecha & Puigvert, 2002).

En este trabajo se trata pues de integrar todos estos aspectos mencionados en el marco teórico, en un proyecto único que cristalice en el diseño de una propuesta educativa en Educación Primaria y la evaluación de su impacto en las actitudes de los escolares.

OBJETIVO E HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

El objetivo del proyecto asociado a esta investigación es diseñar, implementar y evaluar un programa educativo inclusivo para 3er ciclo de Educación Primaria con enfoque STEM involucrando la robótica, programación y educación para la sostenibilidad, fomentando la mejora de la actitud hacia las ciencias y las matemáticas.

Se asumen las siguientes hipótesis:

H1. Se mejora la actitud hacia las ciencias y las matemáticas a consecuencia del programa de intervención.

H2. Se fortalecen las competencias y conocimientos científicos, tecnológicos, ingenieriles y matemáticos de los estudiantes puesto de manifiesto en las calificaciones escolares de las materias de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas, posterior a la intervención educativa.

EL PROYECTO CISOGRA (CIUDAD SOSTENIBLE GRANATENSIS-ROBOTICS)

El proyecto piloto Ciudad Sostenible Granatensis-Robotics, está destinado a estudiantes de 5º y 6º curso de Educación Primaria de contextos de vulnerabilidad de la ciudad de Granada. Esta experiencia, que se desarrolla en horario extraescolar de tarde en 12 sesiones de trabajo (una por semana), con 30 minutos destinados a apoyo escolar en el área de ciencias y matemáticas y 60 minutos de proyecto de práctica y construcción de una “ciudad sostenible”. El proyecto CISOGRA es implementado en un centro educativo concertado de la ciudad de Granada (España), el cual integra el proyecto educativo de Comunidades de Aprendizaje (Red Andaluza de comunidades de Aprendizaje, 2012).

El proyecto, pretende generar un cambio en la actitud y rendimiento en las ciencias, tecnología y matemáticas por medio de una propuesta con enfoque de trabajo en las áreas STEM, llevadas a la práctica a través de la programación (Scratch) en diversos robots (mBot). Se materializa en la construcción de un modelo de ciudad sobre la cual, entre otras acciones, se programan los recorridos del robot. Dicha construcción se encuentra vinculada al desarrollo curricular trabajado de manera formal en horario lectivo en el centro escolar; implica experiencias que permiten a los estudiantes interactuar y enriquecer sus aprendizajes. De esta forma enlazamos la programación computacional en entornos Scratch y los beneficios referidos en la adquisición de destrezas y habilidades, mejorando las capacidades de razonamiento, pensamiento inductivo, reflexivo y trabajo cooperativo bajo un enfoque STEM (Marrero, 2019).

Seguidamente, durante el mes de enero del 2019, se abrió la convocatoria para los estudiantes del establecimiento a través de:

- a) Presentación del proyecto primero al equipo directivo y posteriormente al equipo docente del centro.
- b) Difusión entre el estudiantado de los 4 grupos-clase potencialmente participantes (videos, presentación y demostración) con actividades y participación de estos.
- c) Entrega de material informativo entre los interesados, y recepción de firmas autorizadas de los tutores/as responsables.
- d) Presentación a padres/madres/ tutores de los/as estudiantes.
- e) Inicio de las sesiones de trabajo.

Los contenidos abordados pertenecientes a los bloques de contenido de: a) Ciencias: Materia y Energía, La tecnología, los objetos y las máquinas (MECD, 2014); b) Matemáticas: Procesos, métodos y actitudes matemáticas, Medidas, Estadística y Probabilidad (MECD, 2014).

MÉTODO

Esta investigación presenta un diseño cuasi-experimental pre y posttest con un grupo control (Cohen *et al.*, 2000) establecido por un proceso de *matching* en sus calificaciones (contraste) para las variables dependientes actitud hacia las ciencias, las matemáticas y calificación académica. Se analizan el coeficiente alfa de Cronbach en cada uno de los instrumentos aplicados, en vista de la consistencia interna de la escala utilizada y su viabilidad.

Los participantes en el proyecto CISOGRA (grupo experimental) han sido 15 estudiantes (6 chicas y 9 chicos), pertenecientes a los 4 grupos-clase de 5º y 6º de Educación Primaria de un centro educativo (11 de 5º curso y 4 de 6º curso). La selección de estos participantes ha sido por autoselección, por el interés y disponibilidad de estos para enrolarse en el proyecto, lo que implica un muestreo no probabilístico intencional (Hernández *et al.*, 2010).

El resto de los estudiantes del centro, aunque por diversas razones no llegaron a formar para de la intervención (en cada sesión), sí accedieron a participar en la toma de datos, para lo cual contestaron los cuestionarios utilizados en la investigación. De este grupo de estudiantes, se ha procedido a conformar un grupo control con el que comparar los resultados del grupo experimental. Para la elaboración de dicho emparejamiento se han buscado estudiantes que tuvieran el mismo sexo, en el mismo curso y que tuvieran la misma docente (o lo que es lo mismo, que fueran de la misma clase. Generando el *matching* para contrastar) que sus homólogos de grupo experimental, dada la importancia de estas variables en el desempeño escolar (Cohen *et al.*, 2000). Adicionalmente a estos criterios, para el emparejamiento también se ha considerado, simultánea y acumulativamente, los valores pretest de las cuatro variables dependientes:

actitud hacia las ciencias, actitud hacia las matemáticas y calificaciones en las materias escolares de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas (Tabla 1). Para estas variables, no se han podido evitar diferencias individuales en cada emparejamiento (experimental - control), procurándose que fueran de signo diferente, de manera que las diferencias globales fueran mínimas y estadísticamente no significativas de acuerdo con la prueba U-Man Whitney (Tabla 1).

INSTRUMENTOS Y VARIABLES

Los dos instrumentos administrados para caracterizar las actitudes poseen una base teórica considerando las construcciones de sus variables, las cuales se analizaron de manera estadística en busca de la fiabilidad de las respuestas entregadas y dependientes de este estudio (Avvisati, 2020), para ello consideramos:

a) *Three-Dimensions of Students Attitude Towards Science –TDSAS* de Zhang y Campbell (2011). Es una escala Likert con 5 niveles de respuesta (desde totalmente en desacuerdo a totalmente en acuerdo), que consta de 28 ítems, agrupados en tres dimensiones: 1) Sentimiento afectivo sobre la ciencia; 2) Tendencia conductual en el aprendizaje de la ciencia; 3) Juicio cognitivo de la ciencia. El TDSAS, que fue diseñado para estudiantes de Educación Primaria, se ha demostrado fiable (alfa de Cronbach entre ,62 y ,91) y válido (el análisis factorial confirmatorio que justifica la estructura factorial del instrumento) en su aplicación original (Zhang & Campbell, 2011), siendo traducido al español por Fernández *et al.* (2020). Para nuestro estudio el alfa de Cronbach es de ,82.

b) *Escala de Actitud hacia las Matemáticas (EAM)* de Palacios *et al.* (2014). Esta escala Likert consta de 5 niveles de respuesta (desde totalmente en desacuerdo a totalmente en acuerdo) y 32 ítems, agrupados en 4 dimensiones: 1) Percepción de la competencia matemática; 2) Gusto por las matemáticas; 3) Percepción de la utilidad; 4) Autoconcepto matemático. Se ha demostrado fiable (alfa de Cronbach entre ,53 y ,93) y válido (el análisis factorial confirmatorio que justifica la estructura factorial del instrumento), los resultados de nuestro trabajo arrojaron una alfa de Cronbach de ,72.

Además, se cuenta con los boletines de calificaciones académicas de Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas de los estudiantes, las otras dos variables dependientes de este estudio, que corresponden a la evaluación realizada por sus maestras. Dicha evaluación, según la legislación vigente (MECD, 2014), tiene naturaleza competencial.

RESULTADOS

En las figuras 1 y 2, y en la propia Tabla 1, se sintetizan los resultados obtenidos de actitud hacia las ciencias y las matemáticas.

En cuanto a la actitud hacia las ciencias (Figura 1), considerando las puntuaciones globales, se observa una tendencia de mejora en el grupo control y en la línea base (conjunto de los datos) tras la intervención, aunque no así en el grupo control. Asimismo, se aprecia, una diferencia entre el grupo control y experimental, a favor del último, de +,33 que es estadísticamente significativa ($p = ,004$) y del tamaño del efecto ($TE = ,68$). Considerando las dimensiones individualmente, la tendencia conductual en el aprendizaje de la ciencia ha sido la que ha experimentado mayor diferencia entre ambos grupos (+,5 a favor del grupo experimental), siendo esta estadísticamente significativa ($p = ,003$) y con el mayor valor del tamaño del efecto para todas las dimensiones ($TE = 1,27$). Esta dimensión es especialmente interesante para nuestra investigación debido a que se relaciona con la valoración de los estudiantes hacia la importancia de las ciencias en la sociedad, lo que podría ser un predictor importante a la hora de la selección de una titulación universitaria de tipo científico, quizás incluso STEM. Sin embargo, en las dimensiones sentimiento afectivo sobre la ciencia y juicio cognitivo de la ciencia, aunque el grupo experimental tiene mayor puntuación, las diferencias entre el grupo control y el experimental no son significativas. Sí que se observan tamaños del efecto medio (,62) y bajo (,28) para ambas dimensiones.

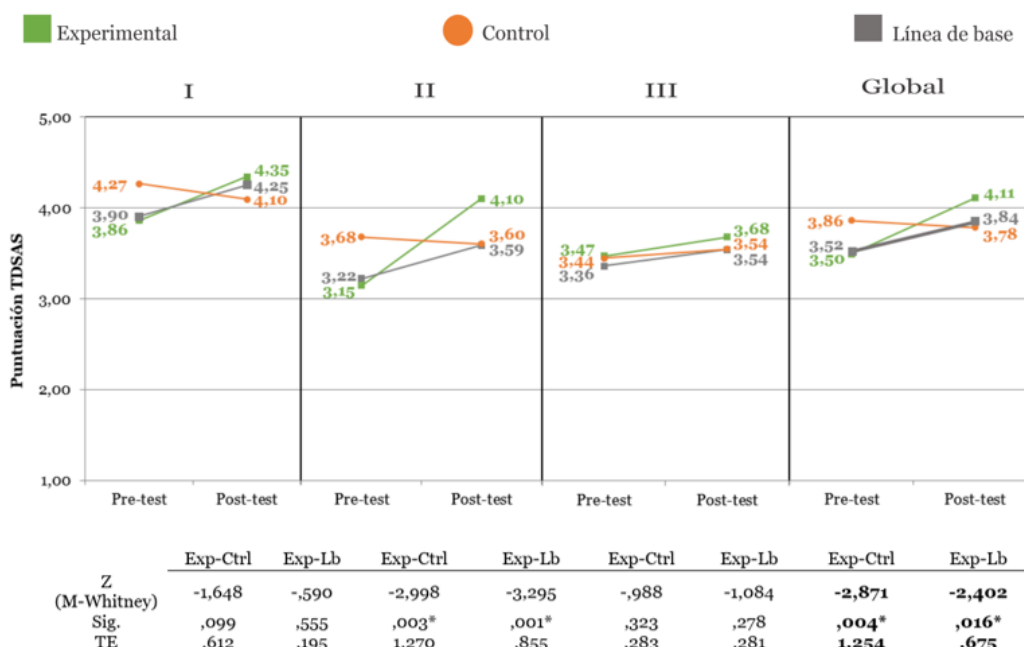


Figura 1. Resultados del cuestionario TDSAS agrupados por sus 3 dimensiones (I: sentimiento afectivo sobre la ciencia; II: tendencia conductual en el aprendizaje de la ciencia; III: juicio cognitivo de la ciencia). En la parte inferior se ofrecen los valores de Z de la prueba U de Mann-Whitney, los p valores (significatividad) y los tamaños del efecto medido como “d” de Cohen (TE) fruto de comparar los grupos indicados en el postest

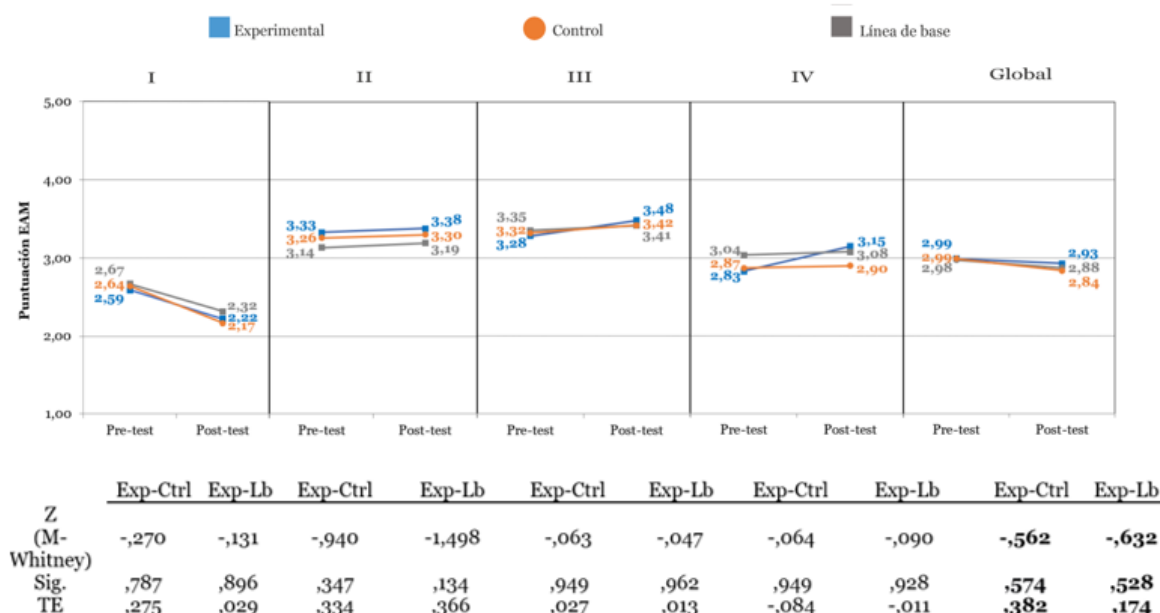


Figura 2. Resultados del cuestionario EAM agrupados por sus 4 dimensiones (1. Percepción de la competencia matemática; 2. Gusto por las matemáticas; 3. Percepción de la utilidad; 4. Autoconcepto matemático). En la parte inferior se ofrecen los valores de Z de la prueba U de Mann-Whitney, los p valores (significatividad) y los tamaños del efecto medido como “d” de Cohen (TE) fruto de comparar los grupos indicados en el postest.

Respecto de la actitud hacia las matemáticas considerando puntuaciones globales (Figura 2), se observa una ligera tendencia de empeoramiento en los grupos control y experimental y también en la línea base tras la intervención. Asimismo, se aprecia, una diferencia entre ambos grupos a favor del grupo experimental, de +,09 que no es estadísticamente significativa. No obstante, el tamaño del efecto (TE = ,382)

se encuentra en un rango medio, lo que indicaría, a priori, que el programa ha tenido cierta efectividad en la mejora de la actitud hacia las matemáticas. En el análisis por dimensiones, se observan puntuaciones siempre ligeramente superiores en el grupo experimental respecto al control no llegando nunca a ser las diferencias estadísticamente significativas. Además, las variaciones del postest respecto al pretest son de mejora en su p ,574, a excepción de la dimensión percepción de la utilidad $p = ,787$ en la que ha habido una bajada de la puntuación que se ha dado tanto en el grupo control, como en el experimental como en la línea base.

De cierta forma, el menor impacto en las actitudes hacia las matemáticas podría ser atribuible a la ansiedad y cuestionamientos históricos que genera en el alumnado el hecho de enfrentarse a esta disciplina (Young *et al.*, 2017). La ansiedad, que también se detecta hacia las ciencias (Maltese & Tai, 2010), tiene más peso en las matemáticas, siendo más difícil de superar, o teniendo más inercia.

Finalmente, en relación con las calificaciones, las de Ciencias de la Naturaleza de ambos grupos, se observa que presentaron disminuciones del postest respecto a la medida inicial (Figura 3). Aunque estos descensos son menores en el grupo experimental (-,1) que en el control (-,4), Así pues, no hay diferencias significativas entre el grupo experimental y control, aunque el tamaño del efecto TE (,16) sí que recoge cierta mejoría en el grupo experimental respecto al control. Por tanto, se puede evidenciar que la intervención, además de impacto positivo en las actitudes hacia las ciencias, también lo ha supuesto, aunque en menor medida en términos estadísticos, en las calificaciones.

Por su parte, en el caso de la asignatura de Matemáticas, también se observan variaciones pretest-postest negativas, tanto para el grupo experimental (-,4) como para el grupo control (-,9). Por lo que las diferencias entre el grupo experimental y control son de carácter significativo ($p = ,28$) a favor del primero y, además, se registra un tamaño del efecto medio (TE = ,427), lo que indicaría que, a pesar de no producir una mejora en las actitudes hacia las matemáticas, la intervención sí ha tenido efectos en el aprendizaje de las matemáticas de los estudiantes. Curiosamente, en este caso de las matemáticas parece que ocurre al contrario que con las ciencias. Así, el impacto ha sido, en términos estadísticos, mayor en las calificaciones que en las actitudes hacia las matemáticas.

Se han estudiado también las relaciones existentes entre las distintas variables consideradas en la fase postest. Así se ha calculado la correlación de la actitud hacia las ciencias respecto a las calificaciones en Ciencias de la Naturaleza y la correlación de la actitud hacia las matemáticas con la calificación en Matemáticas, siendo los R^2 obtenidos bajos (de -,052 y -,137 respectivamente). Por otra parte, sí que se observa una cierta tendencia de correlación positiva entre calificación en Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas; aunque la correlación sigue siendo baja ($R^2=,28$). Considerando el objetivo, se evidencia el impacto positivo que ha tenido la implementación de la propuesta didáctica en las actitudes hacia las Ciencias, mientras que en la Matemáticas no ha sido tan evidente. Dichas variaciones se podrían atribuir al desarrollo de actividades basadas en un enfoque STEM, debido a que facilitan la conexión entre el conocimiento científico y las experiencias concretas de aprendizaje. Finalmente, la correlación entre la actitud hacia las ciencias y la actitud hacia las matemáticas es negativa y muestra un valor de $R^2=-,80$. Es importante señalar que el programa en todo momento considero la participación y asistencia de manera voluntaria, sin ningún criterio de selección en cuanto a rendimiento académico o sexo de los participantes, de igual forma el contraste busco emparejar con estudiantes de características similares o estudiantes que por motivos ajenos no podían ser parte de los talleres realizados en horarios complementarios a su educación formal.

Tabla. 1. Emparejamiento de los estudiantes experimentales con controles equivalentes para las variables dependientes actitud hacia las ciencias, actitud hacia las matemáticas y calificación académica

Cod.	Curso	Sexo	Actitud hacia las Ciencias (TDSAS)								Actitudes hacia las Matemática (EAM)								Calificaciones					
			Dim 1		Dim 2		Dim 3		Global		Dim 1		Dim 2		Dim 3		Dim 4		Global		Cc. de la Naturaleza		Matemáticas	
			Ex	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co	Exp	Co
Ex1 – Co1	5° B – 5° B	F – F	23	35	18	31	22	24	63	90	40	34	29	30	10	12	7	14	86	90	4	5	5	5
Ex2 – Co2	5° A – 5° A	M – M	49	45	35	36	19	19	103	100	31	41	35	41	18	14	12	14	96	110	7	6	7	7
Ex3 – Co3	5° A – 5° A	M – M	45	55	31	49	22	20	98	124	36	26	37	38	13	18	13	14	99	96	6	7	7	7
Ex4 – Co4	5° A – 5° A	M – M	43	52	41	45	22	22	106	119	34	31	36	34	10	16	10	13	90	94	5	4	5	5
Ex5 – Co4*	5° A – 5° A	M – M	47	52	40	45	20	22	107	119	36	31	32	34	11	16	11	13	90	94	4	4	5	5
Ex6 – Co5	5° A – 5° A	F – F	45	49	26	49	15	23	86	121	48	27	34	37	10	17	11	13	103	94	7	7	5	6
Ex7 – Co1*	5° A – 5° A	F – F	52	35	47	31	22	24	121	90	38	32	38	30	20	12	12	12	108	90	5	6	6	5
Ex8 – Co6	5° A – 5° A	M – M	48	52	42	39	22	25	112	116	29	25	35	39	13	12	14	16	91	92	9	9	9	9
Ex9 – Co3*	5° A – 5° A	M – M	25	55	23	49	14	20	62	124	30	26	40	38	20	18	14	14	104	96	7	7	7	7
Ex10 – Co7*	5° A – 5° A	M – M	43	45	41	39	26	15	110	99	27	35	38	31	12	12	14	14	91	92	6	5	5	4
Ex11 – Co7*	5° A – 5° A	M – M	44	45	40	39	24	15	108	99	48	35	47	31	13	12	16	14	124	92	3	5	5	4
Ex12 – Co8	6° B – 6° B	F – F	44	41	31	23	21	19	96	83	26	26	37	42	15	7	14	15	92	90	8	7	8	7
Ex13 – Co9	6° B – 6° B	F – F	48	41	36	40	24	18	108	99	25	43	35	41	12	13	12	15	84	112	5	5	6	6
Ex14 – Co10	6° A – 6° A	F – F	41	51	30	47	18	21	89	119	26	39	31	33	15	12	13	11	85	95	8	8	9	9
Ex15 – Co11	6° A – 6° A	M – M	40	51	38	45	21	23	99	119	28	32	35	38	18	18	9	12	90	100	5	5	8	8
Media			42,5	46,9	34,6	40,4	20,8	20,6	97,8	108,0	33,47	32,2	35,9	35,8	14,0	13,9	12,1	13,6	95,5	95,5	5,9	6,0	6,4	6,2
Desviación estándar			8,1	6,6	7,7	3,2	3,2	3,1	16,8	14,2	7,5	5,7	4,1	4,1	3,5	3,1	2,2	1,2	10,6	7,0	1,7	1,4	1,5	1,6
Z (Mann-Whitney)			-1,688		-1,873		-,084		-1,601		-,291		-,146		-,126		-1,954		-,711		-,085		-,363	
Sig.			,091		,061		,933		,109		,771		,884		,900		,051		,441		,932		,717	

Ex: experimental; Co: control; F: sexo femenino; M: sexo masculino; Dim 1 (TDSAS): sentimiento afectivo sobre la ciencia; Dim 2 (TDSAS): tendencia conductual en el aprendizaje de la ciencia; Dim3 (TDSAS): juicio cognitivo de la ciencia; Dim1 (EAM): percepción de la competencia matemática; Dim2 (EAM): gusto por las matemáticas; Dim3 (EAM): percepción de la utilidad; Dim4 (EAM): autoconcepto

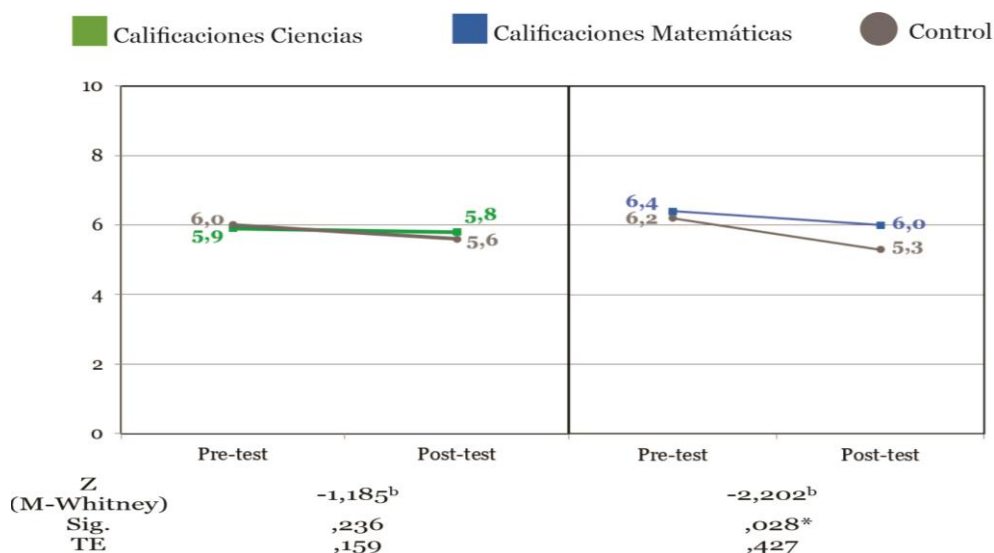


Figura 3. Resultados de las calificaciones finales obtenidas posterior a la intervención.

DISCUSIÓN

En este estudio, se analizaron los efectos de un proyecto de educación STEM en horario extraescolar donde las actividades con robots jugaban un papel central, sobre las actitudes hacia las ciencias, las matemáticas y las calificaciones en Ciencias de la Naturaleza y Matemáticas. Este estudio refleja parte de este proceso, identificando los principales resultados en actitud de los estudiantes hacia las ciencias y matemáticas, de quienes participaron activamente en una actividad científica y los estudiantes quienes se desempeñaban en las clases y no fueron parte del proceso. Los resultados apuntan a la idoneidad de utilizar una metodología dinámica y flexible, como la indagación científica, que permite a los niños aprehender activamente un concepto o fenómeno científico a partir de diferentes experiencias de aprendizaje. Las actividades trabajadas en los talleres de observación, manipulación, análisis y diálogo compensan la carga de contenido teórico, lo que reduce la fatiga mental de las largas explicaciones teóricas.

Un primer aspecto para destacar es la propia participación de 15 estudiantes de 3er ciclo de E. Primaria (aproximadamente el 15% del total de estudiantes a los que se ofreció el proyecto), en un programa de 12 semanas que implicaba también estudio en forma de apoyo escolar, lo que en un contexto vulnerable como en el que se implementó puede considerarse exitoso. Cabe mencionar que, aunque en la inscripción del programa no se consiguió una inscripción paritaria como se pretendía, la diferencia no fue muy grande (60% respecto al 40% de las chicas), teniendo también en cuenta la preferencia de los chicos en el ámbito STEM (Amaya *et al.*, 2017).

Podemos afirmar que ha habido efectos positivos del proyecto respecto a las actitudes tanto hacia las ciencias como hacia las matemáticas (H1), aunque sin llegar a diferencias estadísticamente significativas. Entre las limitaciones para ello podría relacionarse con una duración no suficiente del programa (12 sesiones) y al pequeño tamaño de la muestra del estudio. Además, quizás el instrumento podría no tener suficiente sensibilidad para reflejar el cambio en las percepciones de los participantes altamente entusiastas a tenor del propio desarrollo del programa. De esta forma, Greca *et al.* (2021) en el diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria desarrolladas durante 16 sesiones evidenciando la mejora competencial integral del alumnado de Educación Primaria en base a criterios actitudinales en ciencias y matemáticas, presentan diversos datos estadísticos, dentro de ellos la U de Mann-Whitney en el total de la muestra es de -2,734, siendo en este caso superior a nuestros resultados en matemáticas que es de -,567 y similar al que obtuvimos en ciencias -2,871, en cuanto a su valor $p = ,006$ siendo equivalente a ciencias en nuestro caso $p = ,004$ e inferior al obtenido en Matemáticas $p = ,574$.

La educación con un enfoque STEM en el desarrollo de competencia científica fomenta una ciudadanía activa y responsable. Según García-Terceño *et al.* (2023) estos espacios no siempre cuentan con los requisitos necesarios para que todos puedan acceder y participar. Por tanto, con la intención de contribuir a la creación de espacios libres de barreras, en esta investigación se consideró el cumplimiento de enfocar el trabajo en los aspectos actitudinales más descendidos en los cuales intervenir en futuros proyectos y como

incidir de manera positiva en el accionar de los estudiantes, en consideración con lo señalado em Cairns (2023) y las recomendaciones tanto para políticas como para prácticas en el trabajo STEM, con base en sus experiencias de igualdad de competencias entre los participantes y la cooperación de saberes que se busca generar como instancia de aprendizajes.

Se muestra la necesidad de incorporar en la enseñanza de ciencias, matemáticas y tecnología basado en principios de metodologías activas, aplicando la robótica como un eje interdisciplinario que compagine los contenidos curriculares, permitiendo el desarrollo de habilidades múltiples. Por lo tanto, en el marco del aprendizaje de nuestra época, la robótica en un enfoque STEM es una herramienta efectiva para mejorar las actitudes, creatividad y colaboración en equipo. En este contexto Taylor *et al.* (2017) desarrollado programación con estudiantes, el objetivo principal de este estudio fue explorar la viabilidad de enseñar procedimientos de codificación por computadora a través de instrucción explícita y determinar su efecto en las habilidades de programación de estudiantes y su relación al elementos científico-matemáticos, los participantes completaron con éxito las cuatro fases de tratamiento para programar, analizan TE post intervención de su grupo experimental el cual fue de ,982, si comparamos los nuestros en Ciencias TE = 1,254 y Matemáticas TE = ,382 evidenciamos que Ciencias nuevamente es donde encontramos los mejores valores estadísticos de nuestra intervención, a su vez las comparaciones realizadas en el programa NTN de Fernández-Martín, *et al.* (2020) presentan un estudio que busca determinar el impacto de un programa de Educación en STEM en el desempeño escolar entre los estudiantes de educación primaria. Aunque no se alcanzó significación estadística para las hipótesis probadas, en particular, los resultados mostraron entre tamaños de efecto pequeños y moderados se analizaron mediante la U de Mann-Whitney en los diferentes grupos experimentales y otros participantes, en el área de Ciencias naturales fue de 2,67 en comparación con nuestro trabajo y grupo experimental de -2,871 y un valor $p = ,33$ versus el $p = ,52$ reflejado en nuestro estudio, a su vez en Matemáticas posee un U de Mann-Whitney 2,64 en el grupo experimental significativamente mejor que nuestro grupo de trabajo ,56 y un valor $p = ,37$ versus ,57 que mejora en nuestro proyecto CISOGRA. Mediante este proyecto, se han diseñado e implementado una propuesta para mejorar la actitud hacia las ciencias y las matemáticas basadas en experiencias curriculares por medio de la robótica y las diferentes disciplinas STEM utilizadas como estrategias de cambio en los procesos de enseñanza y aprendizaje señalando los progresos asociados de la tecnología con los aprendizajes conseguidos. En este sentido, Zoller (2015). En su trabajo Ciencia transformativa basada en la investigación / STEM / STES / STESEP Educación para el pensamiento sustentable: de enseñar a saber a aprender a pensar dan a conocer a consecuencias de los pre y postest en Ciencias, los resultados apuntan a una mejora estadísticamente significativa posterior a la intervención, teniendo como TE = ,533 considerando los elementos científicos que se abordan en su proyecto vemos que nuestros resultados en Ciencias y TE = 1,254 son positivamente más elevados en nuestra intervención.

Por otra parte, esta investigación, y en concordancia con los resultados de Domènech-Casal (2018), la educación STEM permitió la ejecución de actividades para promover la integración entre las áreas involucradas, donde el estudiante es protagonista de la construcción de su conocimiento. Kang (2019), en su investigación sobre una revisión del efecto de la educación integrada STEM o STEAM en Corea del Sur, muestra que las experiencias de los estudiantes fueron efectivas tanto en el aprendizaje cognitivo como afectivo y su proximidad en las ciencias y matemáticas como forma de visualizar el concepto STEM. El efecto fue mayor en los dominios afectivos, estadísticamente se obtuvieron efectos de medios a altos en el aprendizaje, las evaluaciones desarrolladas indican el TE que expresado corresponde a un 0,8 superior a nuestro TE en matemática ,382 e inferior al de Ciencias TE = 1,254.

Algo que Horwedel (2006) subraya como una estrategia el hecho de trabajar con innovación permitiendo el logro de aprendizajes significativos, además fomentar la creatividad y la responsabilidad individual, en este sentido Silva-Díaz *et al.* (2021). En su investigación sobre tecnologías inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social, señalan que los resultados indican la existencia de variaciones significativas, junto con un tamaño del efecto (TE) medio, en las actitudes hacia el aprendizaje de las ciencias (TE ,535), no así en el ámbito de las matemáticas (TE = ,070). Asimismo, existen mejoras significativas en la autopercepción del aprendizaje de los contenidos STEM abordados en la propuesta (TE = ,944), a su vez nuestro estudio de similares características en cuanto a los instrumentos utilizados para la evaluación de actitudes en ciencias y matemáticas, muestran que el aprendizaje en ciencias (TE = 1,254) fueron estadísticamente más significativos, versus los resultados que arrojan el área de matemáticas donde (TE = ,382) solo el TE evidencio una mejor evaluación, similares a los resultados encontrados en este estudio.

En relación con la segunda hipótesis formulada (H2) correspondiente a mejorar las calificaciones hacia las ciencias y matemáticas por medio de la propuesta de trabajo STEM, se reconocen la metodología trabajada propicia un cambio positivo mayor en ciencias sobre matemáticas orientando el desarrollo del

pensamiento crítico, creativo y científico durante las actividades trabajadas. Estos resultados concuerdan con los observados en Highfield (2010), cuando se plantearon tareas basadas en el uso de robots en el aula a estudiantes de Educación Primaria, trabajando la programación de sus movimientos, medir longitudes, ángulos de giro, posición de dirección en un plano y calcular matemáticamente dimensiones, superficies, distancias recorridas y variaciones en velocidades de esta forma vemos que la diferencia en las clasificación en ciencias descendió luego de la intervención 0,2 puntos $p = ,0236$ y $TE = ,159$ versus matemática que disminuyo 0,7 puntos de diferencia $p = ,028$ y $TE = ,427$, sin embargo no representan una diferencia significativa al desarrollar la comparación. A su vez, Tena y Couso, (2023) destacan en el diseño de una secuencia didáctica, la efectividad de los programas de intervención, así como la relación necesaria en criterios de calidad al momento de selección de propuestas, las cuales se vinculan con lo expuesto y lo trabajado en esta investigación (validez, utilidad y confiabilidad) y los resultados descritos anteriormente (punto 6).

Finalmente, mencionar la similitud entre el estudio desarrollado por Zhao *et al.* (2021) en donde los resultados revelaron una diferencia significativa entre los dos grupos, con los alumnos del grupo experimental rindiendo mejor que el grupo de control en el logro del concepto. Además, los resultados mostraron mejores efectos positivos que los alumnos del grupo experimental en las escalas evaluadas. Los hallazgos sugirieron que los alumnos lograron mejores logros conceptuales con el enfoque de aprendizaje basado en la investigación, lo que señaló ciertas implicaciones para la enseñanza basada en la investigación, las evidencias contrastadas para los dos estudios sugirieron que los alumnos lograron mejores logros conceptuales con el enfoque de aprendizaje basado en la investigación, lo que señaló ciertas implicaciones para la enseñanza basada en la investigación.

En último lugar, y frente al objetivo del proyecto CISOGRA de diseñar, implementar y evaluar un programa de trabajo en base al enfoque STEM que involucre la robótica, programación y sostenibilidad, se concluye el fomento en la mejora de las actitudes hacia las ciencias y matemáticas afirmando una valoración positiva del trabajo. Los estudiantes tuvieron la oportunidad de desarrollar la tecnológica a través de la programación de robots, mientras mejoraban sus habilidades de programación y en la construcción de una ciudad sostenible, promoviendo el trabajo transversal y realizando la reflexión sobre el impacto de nuestros cambios de actitudes.

CONCLUSIONES

Se puede afirmar, por medio de las evidencias cuantitativas, que los estudiantes del grupo experimental, los cuales han participado activamente en las 12 sesiones, muestran valores relativamente altos en comparación con el grupo de control. De igual forma, los resultados del pretest y posttest evidencian valores estadísticamente significativos, observando la efectividad del proceso de instrucción.

Esta investigación se realizó para conocer el cambio de actitudes, por medio de la aplicación de un proyecto de aprendizaje STEM, en estudiantes de Educación Primaria. Basado en el análisis y discusión de datos, se concluye que la mayoría de los estudiantes tienen un cambio de actitud positiva hacia la educación STEM, adquieren herramientas sobre este enfoque. Las conclusiones relacionadas con la aplicación de la educación STEM a través de la integración de ciencias-matemáticas, involucrando ingeniería y tecnología, es factible de realizar en las aulas. La implicación de esta investigación genera la necesidad de aumentar la educación STEM, especialmente en actividades de orden concreto, aumentando la comprensión de las interrelaciones entre los aspectos de la disciplina al momento de trabajar STEM y la necesidad de aumentar estos modelos de aprendizaje basados en apoyar la aplicación de STEM integrado en el aprendizaje de las ciencias. En vista de los resultados, es posible concluir que el trabajo con robótica mediante una propuesta STEM tiene un impacto positivo en la actitud de los estudiantes hacia las ciencias y las matemáticas.

De esta forma podemos afirmar que nuestro objetivo formulado inicialmente se ha cumplido de forma satisfactoria siendo necesario seguir explorando otras metodologías para implementar este enfoque educativo STEM, basados en las necesidades tanto de estudiantes, docentes y contexto de las instituciones educativas. Se destaca el alto grado de implicación del alumnado y su percepción de la secuencia como innovadora e interesante. Los resultados obtenidos apuntan a que desde la perspectiva de los estudiantes la integración de estas prácticas científicas es viable, dando lugar a secuencias de enseñanza-aprendizaje que sean de su interés y en las que se impliquen.

REFERENCIAS

- Amaya, J. Díaz, M., & Sánchez M. (2017) Metodología para impulsar el interés en las STEM en niñas de secundaria en el sur de Cali. En E. Serna (Ed.), *Investigación Formativa en Ingeniería* (pp.100-106). Cali, Colombia: Editorial Instituto Antioqueño de Investigación.
- Arabit-García J., & Prendes-Espinosa, M^a. (2020). Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades. *Pixel-Bit. Revista de Medios y Educación*, 57, 107-128. <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>
- Avvisati, F. (2020). The measure of socio-economic status in PISA: a review and some suggested improvements. *Large-Scale Assessments in Education*, 8(1), 8. <https://doi.org/10.1186/s40536-020-00086-x>.
- Barak, M., & Zadok, Y. (2009). Robotics projects and learning concepts in science, technology and problem solving. *International Journal of Technology and Design Education*, 19(3), 289-307. <https://doi.org/10.1007/s10798-007-9043-3>
- Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988. <http://doi:10.1016/j.compedu.2011.10.006>
- Bybee, R. (2010). Advancing STEM Education: A 2020 vision., *Technology and Engineering Teacher*, 1(70), 30-35.
- Bybee, R. (2013). *The case for STEM education challenges and opportunities*. Washington, DC, United States of America: National STEM Teachers Association.
- Cairns, D. (2023). Epistemological beliefs about science and their relations to gender, attitudes to science and science achievement in uae schools. In M. Dickson, M. McMinn, & D. Cairns (Eds.), *Gender in STEM Education in the Arab Gulf Countries* (pp. 31-59). Singapore, Singapore: Springer Nature. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9135-6_2
- Casis, M., Rico, N., & Castro, E. (2017). Motivación, autoconfianza y ansiedad como descriptores de la actitud hacia las matemáticas de los futuros profesores de educación básica de Chile. *PNA*, 11(3), 181-203. <http://hdl.handle.net/10481/45499>
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2000). *Research Methods in Education*. (5a Ed.), London, England: Routledge Falmer.
- Coxon, S. (2012). The malleability of spatial ability under treatment of a first lego league-based Robotics simulation. *Journal for the Education of the Gifted*, 35(3), 291-316. <https://doi.org/10.1177/0162353212451788>
- Datteri, E., & Zecca, L. (2016). The Game of Science: An Experiment in Synthetic Roboethology with Primary School Children. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 23(2), 24-29. <http://doi:10.1109/mra.2016.2533038>
- Domènech-Casal, 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. <https://doi.org/10.17979/arec.2018.2.2.4524>
- Duque, M., Tiberio, J., Gómez, M., & Vásquez, C. (2011). Pequeños científicos program: Stem k5-k12 education in Colombia. In IEEE (Ed.), *Proceedings Integrated STEM Education Conference (ISEC)* (pp. 46-49). Ewing, NJ, United States of America: IEEE.
- Fernández-Martín, F., Arco-Tirado, J., Hervás-Torres, M., Carrillo-Rosúa, J., Ruiz-Hidalgo, J., & Romero-López, M. (2020). Making STEM Education Objectives Sustainable through a Tutoring Program. *Sustainability*, 12(16), 6653. <http://doi:10.3390/su12166653>

- García-Terceño, E., Greca, I., Santa Olalla-Mariscal, G., & Diez-Ojeda, M. (2023). The participation of deaf and hard of hearing children in non-formal science activities. *Frontiers in Education*, 8, 1084373. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1084373>
- Gates, A. (2017). Benefits of a STEAM Collaboration in Newark, New Jersey: Volcano Simulation through a Glass-Making Experience. *Journal of Geoscience Education*, 65(1), 4-11. <https://doi.org/10.5408/16-188.1>
- Gómez-Montilla, C., & Ruiz-Gallardo, J. (2016). El rincón de la ciencia y la actitud hacia las ciencias en Educación Infantil. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 13(3), 643-666.
- Greca I. M., Ortiz-Revilla J., & Arriasecq I. (2021) Diseño y evaluación de una secuencia de enseñanza-aprendizaje STEAM para Educación Primaria. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias* 18(1), 1802. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2021.v18.i1.1802
- Gross, K., & Gross, S. (2016). Transformation: *Constructivism, Design Thinking, and Elementary STEAM. Art Education*, 69(6), 36-43. <https://doi:10.1080/00043125.2016.1224869>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México, México: Mac Graw Hill.
- Highfield, K. (2010). Robotic toys as a catalyst for mathematical problem solving. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15(2), 22-27.
- Horwedel, D. (2006). Operation STEM. *Diverse Issues in Higher Education*, 23(20), 36-39.
- Julià, C., & Antolí, J. (2015). Spatial ability learning through educational robotics. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(2), 185-203. <http://doi:10.1007/s10798-015-9307-2>
- Kang, N. (2019). A review of the effect of integrated STEM or STEAM (science, technology, engineering, arts, and mathematics) education in South Korea. *Asia-Pacific Science Education*, 5, 6. <https://doi.org/10.1186/s41029-019-0034-y>
- Kim, S., & Lee, C. (2016). Effects of robot for teaching geometry to fourth graders. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 24(2), 52-70.
- López-Escribano, C., & Sánchez-Montoya, R. (2012). Scratch y necesidades educativas especiales: Programación para todos. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 34(4), 1-14.
- Maltese, A., & Tai, R. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science. *International Journal of Science Education*, 32(5), 669-685. <https://doi.org/10.1080/09500690902792385>
- Marrero, I. (2019). Desde LOGO hasta Scratch y más allá. *Números*, 100, 213-217.
- Martín-Páez, T., Carrillo-Rosúa, J., Lupiáñez-Gómez, J., & Vílchez-González, J. (2019). Análisis de las pruebas externas de evaluación de la competencia científico-tecnológica de 6.º de Educación Primaria en España (2016). *Enseñanza de las Ciencias*, 37(2), 127-149. <https://doi.org/10.5565/rev/ensciencias.2632>
- Reiss, M. y Mujtaba, T. (2017) Should we embed careers education in STEM lessons? *The Curriculum Journal*, 28(1), 137-150. <https://doi.org/10.1080/09585176.2016.1261718>
- Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (2014). Real Decreto 126/2014 de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. *BOE*, 52, 19349-19420. Recuperado de: <http://www.boe.es>
- Muñoz-Campos, V., Franco-Mariscal, A., & Blanco-López, Á. (2020). Integration of scientific practices into daily living contexts: a framework for the design of teaching-learning sequences. *International Journal of Science Education*, 42(15), 1-27. <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1821932>

- Nemiro, J., Larriva, C., & Jawaharlal, M. (2015). Developing Creative Behavior in Elementary School Students with Robotics. *The Journal of Creative Behavior*, 51(1), 70-90. <http://doi:10.1002/jocb.87>
- Osborne, J., Simon, S., & Collins, S. (2003). Attitudes towards science: A review of the literature and its implications. *International Journal of Science Education*, 25(9), 1049-1079. <https://doi.org/10.1080/0950069032000032199>
- Palacios, A., Arias, V., & Arias, B. (2014). Las actitudes hacia las matemáticas: construcción y validación de un instrumento para su medida. *Revista de Psicodidáctica*, 19(1), 67-91.
- Ramírez, P., & Sosa, H. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación*, 37(1), 43-63. <https://doi.org/10.15517/revedu.v37i1.10628>
- Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). Bringing engineering to elementary school. *Journal of STEM Education*, 5(34), 17-28.
- Romero-Ariza, M., Quesada, A., & Abril, A. (2017). Science Teachers as Key Actors in Responsible Research and innovation: Evaluation of a teacher training program. *Sisyphus-Journal of Education*, 5(3), 107-121. <https://doi.org/10.25749/sis.12274>
- Ruiz-Vicente, F., Zapatera- Llinares, A., & Montes-Sánchez, N. (2020). "Sustainable City": A Steam Project Using Robotics to Bring the City of the Future to Primary Education Students. *Sustainability*, 12(22), 9696. <https://doi.org/10.3390/su12229696>
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEMmania. *The Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sauvé L. (2000). Para construir un patrimonio de investigación en educación ambiental. *Tópicos en Educación Ambiental*, 2(5), 51-69.
- Silva-Diaz, F., Carrillo-Rosúa, J., & Fernández-Plaza, J.A. (2021). Uso de Tecnologías Inmersivas y su impacto en las actitudes científico-matemáticas del estudiantado de Educación Secundaria Obligatoria en un contexto en riesgo de exclusión social. *Educación*, 57(1), 119-138. <https://doi.org/10.5565/rev/educar.1136>
- Suescun-Florez, E., Iskander, M., Kapila, V., & Cain, R. (2013). Geotechnical engineering in US elementary schools. *European Journal of Engineering Education*, 38(3), 300-315. <http://doi:10.1080/03043797.2013.800019>
- Taylor, M., Vasquez, E., & Donehower, C. (2017). Computer Programming with Early Elementary Students with Down Syndrome. *Journal of Special Education Technology*, 32(3), 149-159. <http://doi:10.1177/0162643417704439>
- Tena, È., & Couso, D. (2023). ¿Cómo sé que mi secuencia didáctica es de calidad? Propuesta de un marco de evaluación desde la perspectiva de Investigación Basada en Diseño. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 2801-2801. https://doi.org/10.25267/Rev_Eureka_ensen_divulg_cienc.2023.v20.i2.2801
- Young, J., Ortiz, N., & Young, J. (2017). STEMulating interest: A meta-analysis of the effects of out-of-school time on student STEM interest. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 5(1), 62-74. <http://doi:10.18404/IJEMST.61149>
- Zhang, D., & Campbell, T. (2011). The Psychometric Evaluation of a Three-Dimension Elementary Science Attitude Survey. *Journal of Science Teacher Education*, 22(7), 595-612. <http://doi:10.1007/s10972-010-9202-3>
- Zhao, L., He, W., Liu, X., Tai, K., & Hong, J. (2021). Exploring the effects on fifth graders' concept achievement and scientific epistemological beliefs: Applying the Prediction-Observation-Explanation Inquiry-Based Learning Model in Science Education. *Journal of Baltic Science Education*, 20(4), 664-676. <https://doi.org/10.33225/jbse/21.20.664>

Zoller, U. (2015). Based Transformative Science/STEM/STES/STESEP Education for “Sustainability Thinking”: From Teaching to “Know” to Learning to “Think”. *Sustainability*, 7(4), 4474-4491. <https://doi.org/10.3390/su7044474>

Zollman, A. (2012). Learning for STEM literacy: STEM literacy for learning. *School Science and Mathematics*, 112(1), 12-19. <https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2012.00101.x>

Recebido em: 18.05.2022

Aceito em: 05.04.2023