

USO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES STEM EN NIÑAS DE PRIMARIA¹¹¹

USE OF EDUCATIONAL ROBOTICS FOR THE DEVELOPMENT OF STEM SKILLS IN ELEMENTARY GIRLS

Eva Patricia Vásquez Gómez¹¹²

Ana Esperanza Merchán Hernández¹¹³

Jorge Enrique Quevedo Buitrago¹¹⁴

Wilson Daniel Gordillo Ochoa¹¹⁵

Pares evaluadores: Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES.¹¹⁶

¹¹¹ Derivado del proyecto de investigación: Desarrollo de Habilidades STEM Acercando el Pensamiento Computacional a Niñas en Situación de Vulnerabilidad del Municipio de Fusagasugá

¹¹² Ingeniería de Sistemas, Universidad INCCA, Magister en Educación y TIC (e-learning), Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Ingeniera de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: evasquezgomez@ucundinamarca.edu.co.

¹¹³ Ingeniería de Sistemas, Universidad Central, Magister en Educación y TIC (e-learning), Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Ingeniera de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: anaesperanzamerchan@ucundinamarca.edu.co

¹¹⁴ Licenciatura en Matemáticas, Universidad de Cundinamarca, Magister en Investigación Operativa y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira, Ciencias Básicas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: jequevedo@ucundinamarca.edu.co.

¹¹⁵ Ingeniería de Sistemas, Universidad Piloto de Colombia, Magister en Educación, Universidad Cooperativa de Colombia, Ingeniero de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: wdgordillo@ucundinamarca.edu.co

¹¹⁶ Red de Investigación en Educación, Empresa y Sociedad – REDIEES. www.rediees.org

13. USO DE ROBÓTICA EDUCATIVA PARA EL DESARROLLO DE HABILIDADES STEM EN NIÑAS DE PRIMARIA¹¹⁷

Eva Patricia Vásquez Gómez¹¹⁸, Ana Esperanza Merchán Hernández¹¹⁹, Jorge Enrique

Página | 227

Quevedo Buitrago¹²⁰ y Wilson Daniel Gordillo Ochoa¹²¹

RESUMEN

El presente trabajo muestra un estudio inferencial con enfoque cualitativo para probar hipótesis en poblaciones dependientes, cuyo objetivo es demostrar la efectividad de la implementación de una metodología basada en problemas (ABP) utilizando componentes de robótica educativa, para mejorar las habilidades STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería, Matemática) en niñas estudiantes de primaria, haciendo un intento por disminuir la brecha de género potenciando las disciplinas STEM, teniendo en cuenta la necesidad de empoderar a las niñas en una temprana edad. El diseño de esta investigación fue cuasi experimental y participaron 15 niñas en un taller de robótica educativa por dos meses. Una pre-prueba fue aplicada antes de iniciar la intervención de la estrategia educativa y una pos prueba al finalizar. Para el contraste de las medias se utilizó la prueba t student para datos pareados que compara las medias de un mismo grupo y calcula las diferencias entre la primera y la segunda medición. Luego de examinar los análisis inferenciales se encontraron diferencias significativas en las medias de las pruebas, concluyendo en un primer acercamiento que el desarrollo de habilidades STEM al implementar los talleres de robótica educativa tiene disimilitudes antes y después de la experiencia, asumiendo la posibilidad de éxito al finalizar el taller y presumiendo el rechazo de la hipótesis nula donde se admitía que las medias de los grupos eran iguales.

¹¹⁷ Derivado del proyecto de investigación: Desarrollo de Habilidades STEM Acercando el Pensamiento Computacional a Niñas en Situación de Vulnerabilidad del Municipio de Fusagasugá

¹¹⁸ Ingeniería de Sistemas, Universidad INCCA, Magister en Educación y TIC (e-learning), Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Ingeniera de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: evasquezgomez@ucundinamarca.edu.co.

¹¹⁹ Ingeniería de Sistemas, Universidad Central, Magister en Educación y TIC (e-learning), Universitat Oberta de Catalunya (UOC), Ingeniera de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: anaesperanzamerchan@ucundinamarca.edu.co.

¹²⁰ Licenciatura en Matemáticas, Universidad de Cundinamarca, Magister en Investigación Operativa y Estadística, Universidad Tecnológica de Pereira, Ciencias Básicas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: jequevedo@ucundinamarca.edu.co.

¹²¹ Ingeniería de Sistemas, Universidad Piloto de Colombia, Magister en Educación, Universidad Cooperativa de Colombia, Ingeniero de Sistemas (docente), Universidad de Cundinamarca, correo electrónico: wdgordillo@ucundinamarca.edu.co

ABSTRACT

The present work shows an inferential study with a qualitative approach to test hypothesis in dependent populations, whose objective is to demonstrate the effectiveness of the implementation of a problem-based methodology (PBL) using educational robotics components, to improve STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics) skills in elementary school girls, to reduce the gender gap by enhancing STEM disciplines, considering the need to empower girls at an early age. The design of this research was quasi-experimental, and 15 girls participated in an educational robotics workshop for two months. A pre-test was applied before starting the educational strategy intervention and a post-test at the end. For the contrast of averages, the Student t-test for paired data was used, which compares the average of the same group and calculates the differences between the first and second measurement. After examining the inferential analyses, significant differences were found in the average of the tests, concluding in a first approach that the development of STEM skills when implementing the educational robotics workshops has dissimilarities before and after the experience, assuming the possibility of success at the end of the workshop and presuming the rejection of the null hypothesis where it was admitted that the averages of the groups were equal.

PALABRAS CLAVE: STEM, robótica educativa, género, aprendizaje basado en problemas

Keywords: STEM, Educational Robotics, Gender, Problem-based learning

INTRODUCCIÓN

La creciente importancia en el estudio STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) evidenciado en el número de publicaciones en cortos períodos de tiempo, ha generado la necesidad de investigar en educación STEM y su inclusión en todos los ámbitos formativos (Li et al., 2020; Xie et al, 2015); no obstante, son pocas las investigaciones que consideran la variable género desde una perspectiva de equidad al momento de participar en actividades STEM, de acuerdo con una revisión sistemática realizada por Ferrada et al. (2020), solo el 23,1% de los autores consideran la relevancia de esta variable más allá de una cantidad. De forma sistemática, con las competencias STEM se pretende desarrollar el emprendimiento, la innovación y la competitividad, habilidades enmarcadas dentro de la economía actual, con la finalidad de facilitar la inserción de la población mundial en el mercado laboral de una sociedad cada vez más tecnológica que exige profesionales científicos, ingenieros, tecnólogos y técnicos, solucionadores de problemas, innovadores e inventores que sean autosuficientes y capaces de pensar lógicamente (Daugherty et al., 2014; Xie et al., 2015).

El interés de los educadores de educación media y básica en integrar la educación STEM en sus aulas viene justificada en la poca articulación del currículo de ciencias con las disciplinas de tecnología, ingeniería y matemática; es necesario iniciar la educación STEM en edades tempranas, donde los niños aprenden “tocando, construyendo, desmantelando, creando, descubriendo y explorando”, siendo para ellos divertida la educación, manteniendo el interés por la ciencia a lo largo de su formación escolar y considerando en un futuro la posibilidad de continuar con una carrera profesional STEM, en especial las mujeres, logrando una paridad de género (Daugherty et al., 2014).

Pese a una consistente evolución hacia la equidad, las discrepancias de género permanecen en el tiempo viendo una afectación directa en la educación STEM. Para poder entender este comportamiento es imprescindible analizar las brechas de género en la participación STEM, donde a pesar de existir un aumento de mujeres que obtienen títulos universitarios en carreras STEM, su representación proporcional no ha aumentado desde la década de 1980 y pueden estar disminuyendo en algunos campos de la ingeniería (Xie et al., 2015; Mann & DiPrete, 2013).

De manera semejante, persisten brechas significativas en el interés por la ciencia y la matemática, esta última vista con una connotación muy masculina por parte de las estudiantes de secundaria (Makarova et al., 2019), lo que conlleva a un menor interés en estudiar carreras en disciplinas STEM, justificada en la percepción de un estilo de vida poco atractivo, prefiriendo profesiones sociales orientadas a las personas (Miller & Wai, 2015; Leslie et al., 2015; Daniela & Lytras, 2018).

Al respecto, cabe señalar que en Latinoamérica es imperante reducir la brecha de género, potenciando las disciplinas STEM en el sistema educativo escolar y universitario e involucrando cada vez más a mujeres en espacios laborales relacionados con estas áreas de conocimiento con poca representación de la mujer, teniendo en cuenta la necesidad de empoderar a las mujeres jóvenes desde antes de elegir una carrera universitaria (Arredondo et al., 2019).

Sobre la base del contexto de investigación en competencias STEM, este trabajo estudia una alternativa pedagógica que permita crear espacios de formación que desarrolle habilidades STEM con mayor participación de niñas. Con esa finalidad, es preciso implementar metodologías de aprendizaje que involucren el desarrollo de habilidades en ciencia y tecnología en las mujeres más jóvenes, que les permita adaptarse a nuevos paradigmas educativos en este mundo tan cambiante y que nos impulsa cada día a nuevas realidades y oportunidades que requieren tomar decisiones y solucionar problemas con empoderamiento y capacidad de transformar sus propias vidas y su entorno, para alcanzar una vida autónoma en la que puedan participar, en términos de igualdad.

En este caso particular, las metodologías de aprendizaje basado en problemas (ABP) permite conseguir buenos resultados utilizando recursos de robótica educativa por medio de los cuales los estudiantes de primaria mejoran las competencias STEM, permitiéndoles desarrollar la confianza en sus capacidades para resolver problemas y plantear soluciones con creatividad y pensamiento crítico, además, por ser componentes destinados a la educación de niños para trabajar en equipo, beneficia no sólo a la educación STEM, sino a otras áreas interdisciplinarias, reflejado en el desarrollo de competencias como la autonomía y emprendimiento; la colaboración y comunicación; el uso de la tecnología; la innovación, diseño y fabricación de productos (Stergiopoulou et al., 2017; González et al., 2021).

Atendiendo a estas consideraciones, investigar las posibilidades que ofrece la robótica educativa como metodología de aprendizaje para mejorar el desarrollo de habilidades STEM en niñas entre 7 a 12 años es de vital importancia; aunque son aparentes sus bondades en la educación, es necesario contar con más estudios empíricos que lo demuestren y poder integrarlas de forma organizada en las políticas educativas de los países que vean la urgencia de convenir este tipo de estrategias dentro en los currículos escolares (González et al., 2021).

En este documento, se plantea la metodología didáctica con robótica educativa utilizando los componentes de robótica LEGO Education Wedo 2.0 y Neuron Inventor Kit, y el análisis estadístico de acuerdo con el diseño cuasiexperimental de la investigación con un muestreo no probabilístico aplicando una preprueba y una posprueba luego de la intervención con el grupo experimental. El propósito del análisis era contrastar aspectos como la resolución de problemas, la creatividad, el pensamiento crítico y el pensamiento sistémico asociadas al desarrollo de competencias STEM en las estudiantes antes y después de participar en un taller de robótica educativa enfocado al desarrollo de habilidades STEM. La pregunta de investigación que orientó el análisis de datos empíricos fue: ¿La robótica educativa mejora el desarrollo de habilidades STEM en niñas de básica primaria?

MATERIAL Y MÉTODOS

Se llevó a cabo un estudio de tipo inferencial con un enfoque cualitativo y corte transeccional; el diseño de la investigación fue cuasiexperimental con pre y posprueba con el grupo experimental (Fernández et al., 2014). Con respecto a las participantes, el estudio se realizó en la unidad educativa oficial mixta Manuel Humberto Cárdenas Vélez, sede Antonia Santos, en el municipio de Fusagasugá, ubicado en el departamento de Cundinamarca, Colombia.

Se utilizó un muestreo no probabilístico, por conveniencia, debido a que el grupo de estudiantes a analizar ya estaba formado antes de la investigación; las estudiantes seleccionadas pertenecían a grados cuarto y quinto de primaria, las cuales conformaban el grupo experimental, con un total de 15 estudiantes con edades entre los 7 y 12 años.

El instrumento se diseñó con la intención de evaluar habilidades STEM en niñas, centradas en la resolución de problemas, creatividad, pensamiento crítico (Cooper &

Heaverlo, 2013; Afari & Khine, 2017) y pensamiento sistémico, que se utilizó como pre y posprueba para recoger los datos necesarios para demostrar la efectividad de la propuesta utilizando componentes de robótica siguiendo los lineamientos de una investigación cuasiexperimental.

En este trabajo, las temáticas y las prácticas del taller de robótica utilizando los componentes LEGO Education Wedo 2.0 y Neuron Inventor Kit se elaboraron ex profeso de acuerdo con las actividades e instrucciones propuestas por LEGO Education donde plantean soluciones en robótica educativa para introducir a los estudiantes de primaria a la tecnología y la programación.

Para la intervención y aplicación del instrumento, se solicitó el permiso ante las autoridades pertinentes en la Alcaldía Municipal, en la unidad educativa oficial mixta Manuel Humberto Cárdenas Vélez y su sede Antonia Santos; se aseguró la formalidad del estudio y la confidencialidad de la información obtenida.

Procedimiento de la Intervención. Para llevar a cabo la intervención, el proceso de aprendizaje se implementó durante dos meses en el aula de informática de la sede Antonia Santos correspondiente a cada tema de acuerdo con el componente de robótica a utilizar, dos horas por sesión, una o dos veces por semana, para un total de 20 horas.

Durante las primeras sesiones, las estudiantes reciben formación básica de pensamiento lógico y robótica utilizando el componente Neuron Inventor Kit, robot basado en bloques que pueden conectarse entre ellos de forma magnética para que las niñas aprendan robótica de manera entretenida. A partir de la quinta sesión, se integra el componente LEGO Education Wedo 2.0 formado por 280 ladrillos LEGO, sensores y motores, además de un entorno de programación por bloques para un aprendizaje interactivo y divertido, asociando los elementos de robótica con contenidos de ciencia, matemática e informática inmersos en sus currículos escolares.

Inicialmente, se les explicó a las docentes de la escuela y estudiantes que los talleres no afectarían el desarrollo normal de sus clases puesto que se tenía prevista como una actividad extracurricular. Se entrevistó a las docentes de cuarto y quinto grado para abordar los temas tratados en las asignaturas relacionadas con STEM para conectar de alguna manera las actividades a desarrollar con el currículo de su educación escolar.

La primera actividad se planeó sin herramientas tecnológicas, para ello se utilizaron cubos de madera, cada uno conformado por siete piezas, donde se plantearon retos de armado como estrategia de acercamiento a los conceptos STEM (Domínguez et al., 2019) que se abordarían en los talleres de robótica; el objetivo principal de esta actividad fue determinar inicialmente la capacidad de solucionar problemas, la innovación, el pensamiento lógico y la autoconfianza, siendo atributos fundamentales del enfoque STEM; promoviendo la diversión, el ingenio, la creatividad y el desarrollo de competencias genéricas y disciplinares. En esta primera actividad se aplicó el instrumento preprueba, luego de tener el consentimiento de los padres de familia y directivas de la escuela.

Las siguientes actividades del taller se realizaron con los componentes de Robot Neuron Inventor Kit y LEGO Education WeDo 2.0, de los cuales cinco fueron con Neuron, donde se organizaron en grupos de 3 estudiantes, y cuatro sesiones para el caso de WeDo entre 5-6 niñas. Durante la ejecución de los talleres, en cada sesión se realizaba una explicación del procedimiento de la actividad para todo el grupo, luego se organizaban equipos conformados por 3 o 4 estudiantes asignando roles (programador, armador, líder) en mesas de trabajo e iniciar el desarrollo del proyecto de la clase.

Por cada mesa se encontraba disponible una docente auxiliar para realizar acompañamiento al grupo y aclarar inquietudes. Al finalizar cada sesión, era importante valorar la actividad e incentivar a las niñas a proponer ideas para mejorar los resultados, de igual manera se impulsó el trabajo en equipo, la sana competencia y una buena comunicación. El modelo pedagógico en que están basadas las estrategias y actividades pedagógicas son "learning by doing" (Danino, 2015) planteando actividades que las estudiantes deben desarrollar, a partir de las cuáles infieren el conocimiento.

La arquitectura de diseño para este curso es por descubrimiento guiado, ya que durante la puesta en marcha del uso de componentes de robótica en niñas de grado cuarto y quinto, las estudiantes tienen la oportunidad de probar sus habilidades para planificar, programar y armar los robots, mirar cómo funcionan, relacionar el propósito de la actividad con los contenidos STEM que se encuentran inmersos en sus currículos, y si es necesario verificar y corregir sus proyectos para mejorar los resultados.

Dentro de las actividades del taller se plantearon las siguientes estrategias pedagógicas y motivacionales:

Estrategia 1: Hacer conexiones entre conceptos (aprendizaje por descubrimiento).

Estrategia 2: Aprendizaje basado en problemas

Estrategia 3: Realizar seguimiento y control a cada una de las actividades planteadas.

Estrategia 4: Verificar el proceso de aprendizaje.

Estrategia 5: Actividades colaborativas

Estrategia 6: Establecer y mantener la motivación.

Estrategia 7: Video educativo

Al finalizar el taller de robótica educativa, se procedió a aplicar el instrumento posprueba en el grupo participante; para la validez y confiabilidad del instrumento, se utilizó el alfa de Cronbach (Taber, 2018), que es el indicador más ampliamente utilizado para este análisis. En lo relacionado con el procesamiento de datos, se empleó el paquete estadístico IBM SPSS Statistics 22, en el cual se realizó el respectivo análisis inferencial, para probar hipótesis en poblaciones dependientes (pareadas).

RESULTADOS

Una vez capturados los datos en el software estadístico, se obtuvo inicialmente el análisis de fiabilidad, donde las escalas de Likert son respuestas obtenidas del entrevistado en un instante de tiempo específico del experimento, es decir, se toma lo que el individuo piensa en ese momento de estudio, es por ello por lo que se debe demostrar evidencia estadística de que el instrumento es confiable, para esto se utilizó el modelo de alfa de Cronbach. Para que el instrumento de medición sea excelente el alfa de Cronbach debe estar por encima de 0.9, mientras que se considera bueno si está entre 0.8 y 0.9. A continuación se realiza el análisis de confiabilidad (preprueba y posprueba) del instrumento en general.

En las estadísticas de fiabilidad, el alfa de Cronbach obtenido al aplicar el instrumento en la preprueba toma el valor de 0,984 y en la pos-prueba se obtuvo 0,978 lo que garantiza que el instrumento utilizado se encuentra en una categoría excelente para explicar el estudio.

La tabla 1 muestra el comportamiento de fiabilidad de cada variable en caso de ser eliminada con el fin de mejorar el alfa de Cronbach, lo que no es necesario, ya que en general se tiene un índice de fiabilidad por encima del 0,9, por lo cual, se puede afirmar que cada pregunta ayudara a alcanzar los objetivos de la investigación.

Tabla 1

Estadísticas de las variables de estudio (pre y posprueba)

	Alfa de Cronbach si el elemento se ha suprimido	
	PRE	POS
Pensamiento sistémico		
Generaliza	0,983	0,967
Organiza	0,983	0,967
Identifica relaciones	0,983	0,968
Identifica procesos	0,983	0,968
Identifica componentes	0,983	0,968
Resolución de problemas		
Comprende	0,983	0,967
Asocia	0,984	0,969
Valora	0,983	0,968
Reconoce	0,983	0,968
Creatividad		
Iniciativa	0,983	0,969
Propone	0,984	0,971
Ideas	0,984	0,971
Experimenta	0,984	0,968
Pensamiento crítico		
Delimita	0,983	0,97
Comunica	0,983	0,967
Confía	0,984	0,966
Comprende y respeta	0,984	0,968
Persistencia	0,984	0,968

La tabla 2 muestra los resultados del instrumento en los aspectos de resolución de problemas, la creatividad, el pensamiento crítico y el pensamiento sistémico asociadas al

desarrollo de competencias STEM en las estudiantes antes y después de participar en un taller de robótica educativa enfocado al desarrollo de habilidades STEM, mostrando unas respuestas positivas frente a la actividad. En todas las dimensiones se observa en la categoría de “totalmente de acuerdo” una mejora significativa, especialmente en resolución de problemas (26,7%) y creatividad (20%), teniendo en cuenta que en la preprueba no se obtuvieron resultados en esta categoría, y bajando el porcentaje de estudiantes en la categoría “ni de acuerdo ni en desacuerdo” donde la mayoría de los ítems evaluados se encontraba en porcentajes muy altos inicialmente (mayor a 60%). Así mismo, en la categoría “de acuerdo” se evidencia progreso en todas las variables evaluadas, en particular en pensamiento crítico y pensamiento sistémico. En las categorías “en desacuerdo” y “totalmente en desacuerdo” no se obtuvieron valoraciones en las pruebas.

Ampliando lo anterior, en la dimensión de resolución de problemas se pudo comprobar que los ítems donde se reflejó el incremento se relacionaban con la “comprensión del problema” y la “asociación de conocimientos previos con la resolución del problema”, donde las estudiantes exploraban nuevas soluciones y alternativas para resolver los problemas. Ahora bien, el “reconocimiento de sus errores y su corrección” no presentó ningún cambio. En cuanto a la creatividad, los ítems más destacados en el progreso de las estudiantes se reflejaron en la “iniciativa frente a la solución del problema” y la “calidad de las ideas propuestas” siendo útiles y factibles de implementar.

El pensamiento crítico presentó un comportamiento positivo en “la comunicación de las opiniones”; mientras que el “respeto por sus pares” no presentó una mejoría importante, lo que además se pudo verificar por observación directa. Finalmente, en el pensamiento sistémico, que era una dimensión de especial interés por la misma naturaleza de las actividades de armado y programación de los componentes de robótica, las estudiantes se destacaron en “la identificación de las partes”, los “procesos del sistema” y la “relación de las partes con los procesos”; No obstante, “la organización” presentó una tendencia negativa.

Tabla 2
Resultados de las dimensiones

	Resolución de problemas		Creatividad		Pensamiento Crítico		Pensamiento Sistémico	
	pre	pos	pre	pos	pre	pos	pre	pos
Respuesta Totalmente de acuerdo	--	26,7%	--	20%	--	13,3%	--	13,3%
De acuerdo	40%	46,7%	33,3%	40%	40%	66,7%	40%	66,7%
Ni de acuerdo ni en desacuerdo	60%	26,7%	66,7%	40%	60%	20,0%	60%	20,0%

En cuanto a los análisis inferenciales de los datos de la valoración de la experiencia de la actividad inicial y final (antes y después), el procedimiento estadístico que se utilizó recurre a comparar las medias de las distribuciones de la variable cuantitativa pre – posprueba sin grupo de control (en muestras relacionadas para verificar un cambio). Para el contraste de las medias se utilizó la prueba t Student para datos pareados que compara las medias de un mismo grupo y calcula las diferencias entre la primera y la segunda medición.

La tabla 3 muestra los resultados obtenidos al aplicar la prueba de diferencia de medias para grupos relacionados. Se presenta también el estadístico t de Student para contrastar si las diferencias entre la preprueba y posprueba es o no significativa.

Hipótesis.

Hipótesis Nula (Ho): Las medias del grupo son iguales

Hipótesis alterna (Ha) se asume: Las medias de los grupos son diferentes.

Es decir

$$H_o: \mu_d = 0$$

$$H_a: \mu_d \neq 0$$

Tabla 3*Prueba t de Student para muestras relacionadas*

	Resolución de problemas	Creatividad	Pensamiento crítico	Pensamiento sistémico
Estadístico t	-2,71	-3,90	-2,99	-3,65
P(T<=t) dos colas	0,02	0,00	0,01	0,00
Valor crítico de t (dos colas)	2,14	2,14	2,14	2,14

Página | 238

En todas las categorías se rechaza la hipótesis nula lo cual indica que hay diferencias significativas en las medias de las pruebas de antes y después ya que el valor-p es menor al nivel de significancia con un 95% de confianza. Por tanto, los porcentajes de los ítems de valoración en los individuos que participaron en los talleres de robótica educativa para mejorar el desarrollo de las habilidades STEM son superiores al realizar la comparación con la participación de los mismos individuos al iniciar la experiencia cuando aún no se iniciaban los talleres.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En relación con las habilidades STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemática), los resultados en este estudio muestran diferencias significativas entre la pre prueba y posprueba sin grupo de control, lo que revela una respuesta positiva de la implementación de la robótica educativa para fortalecer las habilidades STEM, reforzando lo manifestado en una investigación realizada por Martin et al. (2016), cuyo objetivo era analizar el impacto en las capacidades STEM y el progreso académico en un grupo de estudiantes que participaron en un taller de robótica con componentes Arduino con metodología Aprendizaje Basada en Proyectos (ABP) e identificar las competencias STEM (creatividad, pensamiento sistemático, resolución de problemas y trabajo en equipo) tras completar una experiencia de aprendizaje con Arduino ABP y analizar las diferencias en función del género, con pre prueba y posprueba; en comparación con los propios de esta investigación, la creatividad, el pensamiento sistémico y la resolución de problemas muestran un incremento, aunque en función del género no se encontraron diferencias con resultados no concluyentes debido a una muestra poco significativa de niñas (Cohorte 1 (niños 33/niñas 3), Cohorte 2 (niños 60/niñas 15)).

En otro estudio, sobre el uso de robótica educativa en escuelas de primaria en la universidad de Silesia (Polonia) y la Universidad Borys Grinchenko Kiyv (Ucrania) (Smyrnova-Trybulska et al., 2016) se llevó a cabo una experiencia para determinar las necesidades de la educación moderna para introducir los conceptos básicos de la robótica educativa en la escuela primaria.

Los resultados mostraron que las clases de robótica pueden tener un impacto positivo en las competencias STEM de matemática y ciencia, juntamente con las competencias sociales. Además, se menciona la pertinencia de incluir en la formación profesoral en disciplinas STEM la integración de estrategias innovadoras que permita el desarrollo de habilidades del siglo XXI; lo anterior considerando la percepción positiva de los profesores sobre los efectos de la robótica en el aprendizaje de materias STEM y sus efectos para promover el interés en estas asignaturas evidenciado igualmente en las aportaciones del Memorial University of Newfoundland (Khanlari, 2017).

En cuanto a las contribuciones que promuevan la equidad de género en la educación STEM la universidad Università Politecnica delle Marche y la start-up TALENT srl (Screpanti et al.,2018), diseñó una actividad de dos semanas en robótica y su aplicación a la agricultura, proyecto que tuvo lugar en Ancona (Italia) en la escuela I.C. Novelli Natalucci con la participación de 12 niñas y 8 niños; Las niñas involucradas reportaron no solo buenos resultados en términos de logro, también manifestaron estar interesadas en tener más experiencias en el campo de la tecnología, y la mayoría de las actividades de programación y construcción fueron motivantes tanto para niños como para niñas.

En conclusión, El objetivo de este estudio fue comprobar la efectividad del uso de componentes de robótica educativa para mejorar las habilidades STEM en niñas de primaria. En los resultados obtenidos antes y después de la implementación del taller de robótica se encontraron diferencias significativas justificadas en las estrategias pedagógicas y motivacionales que tuvieron en cuenta las docentes auxiliares alcanzando los objetivos de aprendizaje de cada proyecto de clase.

Mediante la observación directa, se pudo evidenciar un proceso de interacción social donde las niñas trabajaron en unas actividades mediadas por los robots que les permitió abordar un proceso de aprendizaje que complementa sus capacidades para la solución de problemas, la creatividad, el pensamiento crítico y el pensamiento sistémico. Las docentes auxiliares establecieron un proceso de relación próxima a las niñas, cuidando el lenguaje y acorde a las características de desarrollo intelectual con base en sus edades, presentando un progreso en las actividades y motivando mediante escenarios lúdicos la participación de estas niñas en el desarrollo de cada taller de robótica propuesto en clase.

De manera semejante, otro aspecto importante para la presunción del éxito inicial del estudio fue contrastar el contexto teórico y procedimental de los temas STEM inmersos en los currículos de ciencia, matemática e informática, que les permitió establecer analogías desde la interacción con los componentes de robótica con los temas STEM pero no visto desde la complejidad de los elementos conceptuales y teóricos en los que se sustenta este recurso de mediación, sino a través de elementos de abstracción de una realidad atendida desde la perspectiva de lo que significa trabajar con niñas, es decir mediante la representación

de proyectos de interés que les permite relacionar su realidad, cuidando que fuera en si una actividad agradable y de interés mediante dinámicas de juego.

El uso de robots como elemento didáctico para mejorar habilidades STEM (Khanlari, 2017) se sustenta en un hecho que pudo evidenciarse, la robótica como entorno de aprendizaje multidisciplinar y significativo, es entendida y asimilada de forma natural por aquellas generaciones que constantemente comparten su realidad con el uso frecuente de tecnología en diversos ámbitos, así en el escenario de estudio se pudo observar cómo las niñas llevaron a cabo una exploración de los robots mediante el contraste y la experimentación.

En estudios futuros será importante replicar la propuesta de formación utilizando componentes de robótica educativa en otros entornos educativos para continuar potenciando las habilidades STEM en niñas y niños de educación básica primaria y seguir documentando los resultados buscando nuevas estrategias educativas mediadas por tecnología. Como lo comenta Jung y Wong(2018), es necesario diversificar los temas para investigar los procesos de participación de los niños pequeños en las actividades de robótica; aunque experiencias similares como la de este estudio se lleven a cabo obteniendo una aprendizaje conveniente en los niños, no se puede garantizar la construcción de significados, por ello es preciso incluir en posteriores investigaciones el análisis de la trayectoria de aprendizaje de los niños y darle sentido a sus experiencias en robótica, además, tener la oportunidad de poder personalizar la experiencia con los estudiantes por períodos largos de tiempo para un aprendizaje significativo (Baxter et al., 2017).

En cuanto al género, es importante seguir promoviendo el desarrollo de habilidades STEM en las escuelas, buscando la igualdad de oportunidades para hombres y mujeres y evitando la deserción estudiantil en niñas a temprana edad. Finalmente, ampliar la muestra estadística para poder generalizar los resultados en la población escolar de niñas en escuelas públicas urbanas y rurales.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Afari, E. & Khine, M. S. (2017). Robotics as an Educational Tool: Impact of Lego Mindstorms. *International Journal of Information and Education Technology* vol. 7, no. 6, pp. 437-442. <https://doi.org/10.18178/ijiet.2017.7.6.908>
- Arredondo-Trapero, F. G., Vázquez-Parra, J. C., & Velázquez-Sánchez, L. M. (2019). STEM y brecha de género en Latinoamérica. *Revista de El Colegio de San Luis*, 9(18), 137-158. <https://doi.org/10.21696/rcsl9182019947>
- Baxter, P., Ashurst, E., Read, R., Kennedy, J. & Belpaeme, T. (2017) Robot education peers in a situated primary school study: Personalisation promotes child learning. *PLOS ONE* 12(5): e0178126. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0178126>
- Cooper, R., & Heaverlo, C. (2013). Problem Solving And Creativity And Design: What Influence Do They Have On Girls' Interest In STEM Subject Areas? *American Journal of Engineering Education (AJEE)*, 4(1), 27-38. <https://doi.org/10.19030/ajee.v4i1.7856>
- Daniela, L. & Lytras, M.D. (2019). *Educational Robotics for Inclusive Education*. *Tech Know Learn* 24, 219–225. <https://doi.org/10.1007/s10758-018-9397-5>
- Danino, O. (2015). Learning by Doing: STEM Education. <https://doi.org/10.13140/rg.2.2.26284.05766> .
- Daugherty, M. K., Carter, V. & Swagerty, L. (2014). "Elementary STEM Education: The Future for Technology and Engineering Education?" *Journal of STEM Teacher Education*: Vol. 49 : Iss. 1, Article 7. <https://doi.org/10.30707/JSTE49.1Daugherty>
- Domínguez-Osuna, P. M., Oliveros Ruiz, M. A., Coronado Ortega, M. A., & Valdez Salas, B. (2019). Retos de ingeniería: enfoque educativo STEM+A en la revolución industrial 4.0. *Innovación educativa (México, DF)*, 19(80), 15-32. <https://bit.ly/38WhK9J>
- Fernández-García, P., Vallejo-Seco, G., Livacic-Rojas, P. E., & Tuero-Herrero, E. (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad: se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales.

Ferrada, C., Carrillo-Rosúa, F. J., Díaz-Levicoy, D., Silva-Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in the Knowledge Society* 21 article 22 11 Ediciones Universidad de Salamanca <https://doi.org/10.14201/eks.22036>

Gonzalez-Fernández, M. O., González-Flores, Y. A., & Muñoz-López, C. (2021). Panorama de la robótica educativa a favor del aprendizaje STEAM. *Revista Eureka Sobre Enseñanza Y Divulgación De Las Ciencias*, 18(2), 2301-13. <http://bit.ly/2OPOn2b>

Jung, S. E. & Won, E. S. (2018). Systematic Review of Research Trends in Robotics Education for Young Children. *Sustainability* 2018, 10, 905, 14-15; <https://doi.org/10.3390/su10040905>

Khanlari, A. (2013). Effects of educational robots on learning STEM and on students' attitude toward STEM. *IEEE 5th Conference on Engineering Education (ICEED)*, Kuala Lumpur, Malaysia, 2013, pp. 62-66. <https://doi.org/10.1109/ICEED.2013.6908304>

Leslie, S.J., Cimpian, A., Meyer, M., Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*. Vol. 347, n° 6219, pp. 262-265. <https://doi.org/10.1126/science.1261375>

Li, Y., Wang, K., Xiao, Y. et al. (2020). Research and trends in STEM education: a systematic review of journal publications. *IJ STEM Ed* 7, 11. <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00207-6>

Makarova, E., Aeschlimann, B. & Herzog, W. (2019). The Gender Gap in STEM Fields: The Impact of the Gender Stereotype of Math and Science on Secondary Students' Career Aspirations. *Front. Educ.* 4:60. <https://doi.org/10.3389/educ.2019.00060>

Mann, A. & DiPrete, T. A. (2013). Trends in gender segregation in the choice of science and engineering majors. *Social Science Research* Volume 42, Issue 6, November 2013, Pages 1519-1541. <https://doi.org/10.1016/j.ssresearch.2013.07.002>

Martín, J. L., Martínez, P., Fernández, G. M. & Bravo, C. (2016). Analizando el Desarrollo de las Habilidades STEM a través de un Proyecto ABP con Arduino y su Relación

con el Rendimiento Académico. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F., México. <https://bit.ly/3s1rIOx>

- Miller, D. & Wai, J. (2015). The bachelor's to Ph.D. STEM pipeline no longer leaks more women than men: a 30-year analysis. *Front. Psychol.*, 17 February 2015. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00037> Página | 244
- Screpanti, L., Cesaretti, L., Mazzieri, E. & Scaradozzi, D. (2018). An Educational Robotics Activity to Promote Gender Equality in STEM Education. Conference Paper · November 2018. <https://bit.ly/3s0hLB2>
- Smyrnova-Trybulska, E., Morze, N., Kommers, P., Zuziak, W. & Gladun, M. (2016). Educational Robots in Primary School Teachers' and Students' Opinion About STEM Education for Young Learners. International Conferences ITS, ICEduTech and STE 2016. 197-204. <https://files.eric.ed.gov/fulltext/ED571601.pdf>
- Stergiopoulou, M., Karatrantou, A. & Panagiotakopoulos, C. (2017). Educational Robotics and STEM Education in Primary Education: A Pilot Study Using the H&S Electronic Systems Platform. Conference Paper in Advances in Intelligent Systems and Computing · March 2017 https://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_7
- Taber, K.S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Res Sci Educ* 48, 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Xie, Y., Fang, M. & Shauman, K. (2015). STEM Education. *Annual Review of Sociology* Vol. 41:331-357 (Volume publication date August 2015) First published online as a Review in Advance on May 4, 2015 <https://doi.org/10.1146/annurev-soc-071312-145659>