

Robótica aplicada al aula en Educación Primaria: un caso en el contexto español

Robotics applied to classroom in Primary Education: a case in the Spanish context *

CRISTIAN FERRADA

Didáctica de las Ciencias Experimentales
Ciencias de la Educación
Universidad de Granada
Prof. Vicente Callao - Fte Ciencias Educación, 18011, Granada.
adarref@correo.ugr.es
<https://orcid.org/0000-0003-2678-7334>

EDUARDO PURAIVAN HUENUMÁN

Académico de la Escuela de Educación
Universidad de Viña del Mar
Agua Santa 7055, Viña del Mar, Chile.
epuraivan@uvm.cl
<https://orcid.org/0000-0003-2134-8922>

FRANCISCO SILVA-DÍAZ

Didáctica de las Ciencias Experimentales
Ciencias de la Educación
Universidad de Granada
Prof. Vicente Callao - Fte Ciencias Educación, 18011, Granada.
fsilva@correo.ugr.es
<https://orcid.org/0000-0002-7047-3546>

DANILO DÍAZ-LEVICOY

Académico de la Facultad de Ciencias Básicas
Ciencias de la Educación
Universidad Católica del Maule
Av San Miguel 3605, Talca, Maule, Chile.
dddiaz01@hotmail.com
<https://orcid.org/0000-0001-8371-7899>

ESTE ARTÍCULO ESTÁ SUJETO A UNA: LICENCIA "CREATIVE COMMONS RECONOCIMIENTO-NO COMERCIAL" (CC-BY-NC)

DOI: [HTTPS://DOI.ORG/10.24197/st.Extra_2.2021.240-259](https://doi.org/10.24197/st.Extra_2.2021.240-259)

RECIBIDO: 10/07/2020
ACEPTADO: 19/09/2020

Resumen: Innovar en la etapa escolar, especialmente en Educación Primaria (EP), resulta fundamental para promover un cambio formativo a temprana edad. Es en este momento donde fomentar la enseñanza en áreas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemática, resulta preponderante para motivar a los estudiantes en el aprendizaje escolar. Considerando el paradigma actual de educación STEM, se presenta una experiencia en un aula de EP con estudiantes de 10 a 12 años, donde se incluyen elementos de la robótica, la programación (Scratch) y el pensamiento computacional con el objetivo de articular el aprendizaje de disciplinas STEM. Se desarrollan una serie de actividades en un ambiente de indagación permanente, en las que un grupo voluntario de estudiantes asisten a 15 sesiones de talleres en horario extraescolar. Se realiza una valoración del programa por medio de una encuesta de satisfacción, observándose una valoración positiva de las actividades educativas y la inclusión de elementos tecnológicos

Palabras clave: Robótica educativa, Mbot, programación, pensamiento computacional, educación STEM.

Abstract: Innovating in the school stage, especially in Primary Education (PE), is essential to promote educational change at an early age. It is at this time that promoting teaching in areas of science, technology, engineering and mathematics is essential to motivate students in school learning. Considering the current paradigm of STEM education, an experience is presented in a PE classroom with students from 10 to 12 years old, where elements of robotics, programming (Scratch) and computational thinking are included with the aim of articulating the learning of STEM disciplines. A series of activities are carried out in an environment of permanent inquiry, in which a voluntary group of students attend 15 workshop sessions after school. An evaluation of the program is carried out by a satisfaction survey, observing a positive evaluation of educational activities and the inclusion of technological elements.

Keywords: Educational robotics, Mbot, programming, computational thinking, STEM education.

1. INTRODUCCIÓN

La siguiente investigación se relaciona con la presentación de diversas actividades educativas de carácter interdisciplinar diseñadas bajo un enfoque STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics) de enseñanza. La educación actual, centrada en la transmisión de conocimientos y la memorización, difícilmente podrá entregar, a las futuras generaciones, las herramientas para desenvolverse con éxito en un mundo que se caracterizará por el incremento exponencial de la tecnología. (Vo, Zhu, y Diep, 2017). El crecimiento explosivo de las ciencias y las tecnologías, también ha profundizado en una brecha entre quienes tienen acceso a estos avances y quiénes no, dichas disciplinas son fundamentales para las sociedades tecnológicamente avanzadas o en proceso de tecnificación, contribuyendo a conseguir una mayor competitividad y prosperidad económica en el futuro (González y Kuenzi, 2012). De esta manera, los países desarrollados son conscientes de que no se está preparando lo suficiente a estudiantes y profesores en las áreas STEM de cara a una sociedad centrada en el conocimiento tecnológico (Marginson, Tytler, Freeman y Roberts, 2013). Asimismo, entre los países con mayor desarrollo tecnológico, existe un consenso en la necesidad de preparar estudiantes y profesores cada vez más capacitados en competencias asociadas a las áreas STEM (Barker y Ansorge, 2007).

A nivel curricular, Becker y Park. (2011) consideran fundamental entregar una enseñanza de manera integrada, basada en la educación STEM, considerando el desarrollo científico y tecnológico emanado desde nuestra sociedad del conocimiento. Además, los países destacan la importancia de una educación basada en el desarrollo de la ciencia, por ejemplo, en España, el Ministerio de Educación, Cultura y Deporte (MECD, 2007) expresa el desarrollo de la competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología como una sola, incluyendo el desarrollo de habilidades exploratorias y capacidades para lograr un rol más activo del alumno en su aprendizaje.

A través de un aprendizaje enfocado en competencias STEM se facilita a los estudiantes el desarrollo de diferentes procesos cognitivos fundamentales en la resolución de problemas en contextos cotidianos (Linn, 2003), además, se motiva a indagar, aprovechar y aplicar conceptos o metodologías enfocadas en ciencia, tecnología, ingeniería y matemática. De esta forma, la investigación que se presenta se encuadra dentro de las metodologías activas, en base a una propuesta o reto inicial en el que se busca encontrar la solución al desafío presentado originalmente, por medio de diferentes tareas propuestas (Sánchez, 2013). Por cuanto, el trabajo con los estudiantes, centrado en el uso de estas metodologías activas y que, a su vez, incluyan elementos de la tecnología educativa, podrían generar un mayor efecto en el aprendizaje por parte de los estudiantes (Aguilera y Perales-Palacios, 2018). En ese sentido, para el desarrollo de las actividades, se ha considerado el uso de una metodología IBSE (Inquiry-Based Science Education), la que se sustenta como una forma de enseñanza de la ciencia basada en la indagación guiada por parte del tutor,

en consonancia con la adquisición, manipulación y experimentación de las prácticas científicas a nivel escolar.

Inevitable es analizar el rol de la tecnología en los nuevos estilos de vida y en las variadas aplicaciones desarrolladas al servicio de la educación. A través de este trabajo se presenta la robótica como herramienta de apoyo en el proceso de enseñanza y aprendizaje, destacando diversos beneficios en variadas propuestas educativas, teniendo por objetivo la mejora en la adquisición de nuevos contenidos y el disfrute de los estudiantes al enfrentar desafíos académicos. Se pretende poner en evidencia diferentes razones por las cuales integrar la robótica en la educación supone una acción positiva, lo que facilitaría la interacción de los estudiantes en el proceso de aprendizaje, específicamente en los primeros años de educación, estimulando la resolución de problemas, los procesos cognitivos, el trabajo en equipo y el desarrollo del lenguaje específico, despertando la curiosidad e interés por aprender (López, Couso, y Simarro, 2020; Monsalves, 2011)

2. ROBÓTICA, PENSAMIENTO COMPUTACIONAL (PROGRAMACIÓN) Y SCRATCH.

Al analizar la robótica en el ámbito educativo, es posible comprenderla como un espacio de diálogo entre el trabajo pedagógico y la aplicación de la tecnología. Los beneficios que entrega la utilización de elementos tecnológicos al trabajo con niños, se enfocan hacia el apoyo al aprendizaje e incremento del desarrollo de diversas habilidades (Coxon, 2012), siendo un medio atractivo para despertar la motivación. Más aún, el uso de la robótica educativa en el aula, y otras tecnologías, puede ofrecer una alternativa atractiva y motivadora que, incluso, se constituye como un elemento favorecedor de estrategias como la indagación, siendo un factor potenciador del aprendizaje de contenidos curriculares (Chung, Cartwright y Cole, 2014; Taylor, Vásquez, y Donehower, 2017).

El pensamiento computacional, conjuntamente con la programación, está adquiriendo una preponderancia a consecuencia del rápido desarrollo, acceso e implementación de nuevas tecnologías (Denning, 2017). Lo que se manifiesta como un patrón general en el que se comienza a observar la enseñanza y práctica de la programación en el aula como una actividad fundamental de cara al futuro, especialmente en la adquisición de habilidades para el desarrollo en la sociedad. Según Wing (2006), dominar estrategias como el pensamiento computacional ayuda a resolver problemas, por medio de elementos primordiales de la ciencia de la computación, diseñando sistemas que favorecen el comportamiento humano. Roig-Vila, y Moreno-Isac, (2020) concuerdan con esta afirmación, señalando que a través del pensamiento computacional y programación se establecen relaciones de orden matemático, lógico y de rigidez científica, mediante el modelamiento en base al reconocimiento de patrones de orden abstracto, los cuales se llevan a la práctica para cumplir el objetivo para el cual fueron formulados, ya sea mediante la programación informática o la interacción con la robótica educativa. De esta forma, en nuestro

trabajo veremos desarrollados diferentes etapas en las que el pensamiento computacional se debe suscitar: formulación de un problema (abstracción), expresión de la solución (automatización) y ejecución y evaluación (análisis). (Repenning, Basawaptna y Escherle, 2017).

Por otra parte, las habilidades asociadas a la programación ayudan a los niños a desarrollar nuevas formas de pensar, fomentando técnicas de resolución de problemas que pueden tener grandes repercusiones en otras áreas del conocimiento (Benitti, 2012). El pensamiento computacional permite a los niños comprender conceptos abstractos y algoritmos, que, aunque no logren entender los términos, aprenden los elementos básicos y su aplicación (Nemiro, Larriva y Jawaharlal, 2015). Por cuanto, el Pensamiento Computacional es una herramienta educativa poderosa, a disposición del sistema educativo, mediante la cual se pueden superar los obstáculos que muchos identifican en el paso del pensamiento concreto al formal (Marrero, 2019). Aprender a programar es lograr identificar, aislar y corregir errores de funcionamiento predictivos. La utilización de un lenguaje de programación amigable, sencillo y visual que permita este objetivo es proporcionado por Scratch, el cual es visto como una interfaz gráfica de bloques de conexión que, a su vez, genera diferentes aprendizajes de codificación, ya sea en la construcción de la programación generada entre el estudiante como con la interacción con el robot (López-Escribano y Sánchez-Montoya, 2012), lo que facilitará la concepción de instrucciones transmitidas a los robots arrastrando y soltando iconos pre establecidos para ejecutar movimientos (Park, Kim, Oh, Jang y Lim, 2015).

Por medio de las actividades que se presentan buscamos introducir nuevas tecnologías y fomentar el lenguaje de programación en los alumnos/as, permitiendo con ello fabricar representaciones sobre fenómenos del mundo, facilitando la adquisición y transferencia a distintas áreas del conocimiento, con el fin de desarrollar e intercambiar actividades basadas en la metodología STEM. Se pretende, por tanto, desarrollar un enfoque que privilegie la enseñanza de las ciencias integradas con énfasis en sus aplicaciones en el mundo real teniendo como objetivo central que niños y niñas aprendan cómo funciona la tecnología y la conviertan en una herramienta creativa en su día a día, así como fomentar las vocaciones técnicas y científicas. (Sanders, 2009).

3. ANTECEDENTES

Las investigaciones de Ha y Fang (2013) demuestran que los estudiantes de primaria sometidos a una educación STEM mostraron mejor preparación, incremento de las calificaciones y mayor dominio de conocimientos elementales a consecuencia de la interacción con elementos tecnológicos. Otro estudio realizado por Sevan, Judy y Parchmann (2018) abordan la manera en que el contexto influye en el proceso de aprendizaje, y cómo influye el enfoque STEM.

Ruiz-Vicente (2017), en su investigación doctoral, presenta un análisis de las propiedades STEAM del currículo educativo de la Ley Orgánica para la Mejora de la Calidad Educativa (España), desarrollando y llevando a la práctica un proyecto de aprendizaje que utiliza la robótica educativa como herramienta didáctica, incorporando metodologías activas como el flipped classroom, el aprendizaje basado en problemas (ABP) y el aprendizaje cooperativo. Así mismo, Castiblanco (2016) presenta un estudio en el cual aplica el modelo STEM, utilizando herramientas de la robótica para el mejoramiento de los derechos básicos del aprendizaje y el desarrollo de competencias matemáticas de los cursos tercero y quinto de Educación Primaria de Colombia. De igual forma Greca, García, Fridberg, Cronquist y Redfors (2020). Llevan a la práctica, en el contexto europeo, el proyecto BotSTEM, en el cual, mediante el aprendizaje colaborativo y el trabajo con robots (programación de códigos), se realizan diversas intervenciones con estudiantes de 4 a 8 años, despertando el interés por las áreas STEM. Dentro de los resultados del proyecto BotSTEM, se observa como el trabajo en este ambiente logra causar interés por los estudiantes y maestros titulares, siendo el diseño de ingeniería una de las principales fortalezas de este proyecto. En esta misma línea de trabajo práctico, en el proyecto RoboSTEM (Gonçalves, et al., 2019), se trabaja la robótica como una forma de proporcionar nuevas respuestas a los desafíos actuales que los estudiantes enfrentan en consonancia con la utilización de las TIC (tecnología, información y comunicación) como herramienta de acción en un ambiente de aprendizaje basado en desafíos. Los resultados arrojados son alentadores y muestran una alternativa basada en la motivación, creatividad e indagación que despierta este tipo de tareas en los participantes. Gonçalves et al. (2019) presentan una experiencia educativa llevada en un contexto extra escolar, a través de un campamento de verano realizan un experimento educativo con 16 estudiantes en el Instituto Politécnico de Bragança Portugal, el que tiene por finalidad lograr que los alumnos/as puedan trabajar por medio de la tecnología aspectos de la robótica móvil. Las actividades fueron tutorizadas por 7 monitores directos, los que orientaban el trabajo mediante la utilización de dispositivos físicos y el desarrollo del pensamiento computacional para programar movimientos en los robots, en sus resultados se observan mejoras importantes en las habilidades conseguidas por los participantes, mayor dominio y destrezas por las áreas STEM trabajadas e independencia al momento de buscar una solución a los conflictos generados.

4. METODOLOGÍA

El estudio siguió una metodología cuantitativa descriptiva (Hernández, Fernández y Baptista, 2010), con aplicación de una encuesta de satisfacción terminada la fase de implementación del programa didáctico.

4.1. Población y participantes

La siguiente investigación se realizó con estudiantes de 5° y 6° curso de Educación Primaria (10 a 12 años), de un centro educativo concertado ubicado en la ciudad de Granada, España, situado en un sector de alta vulnerabilidad social. La selección de los participantes (n= 16) se realizó mediante un muestreo no probabilístico de tipo intencional (Cardona, 2002), debido a la disponibilidad de los estudiantes para participar del proyecto y considerando el carácter voluntario del mismo. Para la conformación del grupo se realizaron jornadas de información y promoción del proyecto, en las que los interesados manifestaron su voluntad de participar junto con el consentimiento de sus padres y/o tutores legales. El proyecto se desarrolló en jornada extra programática, de forma que alterna con las clases tradicionales.

4.2. Instrumento de recogida de información

Con la finalidad de evaluar el proyecto desarrollado, se ha diseñado una encuesta de satisfacción (ad hoc) basada en los aspectos considerados por Brennan y Resnick (2012), quienes señalan que, en el desarrollo y aplicación del pensamiento computacional, programación y ejecución se evalúan diferentes aspectos del proyecto. En ese sentido, plantean tres dimensiones de evaluación:

a) Perspectivas computacionales y entornos de aprendizaje: hace referencia a los aprendizajes e interacciones generadas por los usuarios/as que construyen sobre sí mismos y su entorno, a consecuencia del trabajo en programación (organizar, preguntar, conectar, expresar, materiales y herramientas). Estos aspectos son considerados en los apartados 1 y 2 del instrumento utilizado.

b) Conceptos computacionales y operacionales: utilizados para programar y ejecutar la elaboración de proyectos aplicables en cualquier ámbito (Actividades STEM, secuencias, ciclos, paralelismos, eventos, condicionales, operadores y datos). Considerados en el apartado 3.

c) Prácticas computacionales y actividades de ejecución: con énfasis en el cuándo se programan y centradas en el cómo se está aprendiendo y no en el qué (actividades, iteración, ensayo y depuración, abstracción y modularidad). Contempladas en el apartado 4.

El instrumento cuenta con 18 ítems agrupados en 5 dimensiones. Además, se le ha realizado una prueba de fiabilidad con los datos registrados (n=16) obteniendo un alfa de Cronbach aceptable ($\alpha = ,713$). En la Tabla 1 se presenta una descripción del instrumento utilizado para la recogida de información:

Tabla 1. Encuesta de satisfacción

Dimensión	Ítems
Organización y logística del proyecto	1 – 2 – 3 – 4
Aplicación de áreas STEM en proyecto	5 – 6 – 7 – 8

Actividades trabajadas	9 – 10 – 11 – 12
Materiales e instrumentos utilizados	13 – 14 – 15 – 16
Valoración General	17 – 18

Fuente: Elaboración propia.

La valoración de la encuesta se ha realizado con una escala de 1 al 10, siendo uno la ponderación más baja y 10 la más alta. Se ha optado por utilizar esta escala de valoración debido a que se encuentra asociada a la valoración académica con la que los estudiantes se encuentran familiarizados.

5. DESCRIPCIÓN DEL ROBOT MBOT; EXPERIENCIA EDUCATIVA A TRAVÉS DE ACTIVIDADES.

El diseño de las actividades se basó en la motivación a los estudiantes, proponiendo un ambiente de indagación guiada, fomentando la experimentación y generando espacios en los que las dudas e inquietudes fueron resueltas por los propios participantes, quienes interactuaron permanentemente con herramientas tecnológicas para la programación de las actividades presentadas (robot mBot, ordenadores, sensores, tablets y móviles).

mBot es un robot educativo, ideal para trabajar con estudiantes en el inicio de la robótica, programación y electrónica. Está basado en Arduino y Scratch. Gracias a su composición, el mBot es sencillo de utilizar ya que no necesita cableado ni soldaduras, simplemente se conectan las piezas unas con otras.

1. Para programar y controlar al mBot hay 3 opciones:
2. Programar y controlar el robot desde mBlock (software).
3. Programar desde el software de Arduino.
4. Controlar directamente (sin programación previa) desde la App mBot



Figura 1. Robot-mBot

Para el desarrollo de estas actividades se han utilizado distintas Apps que se pueden vincular con este robot y con el siguiente nivel de complejidad:

App mBlock (Nivel básico): No es necesario tener conocimientos ni de electrónica ni de programación para usar esta App y aprender a manejar y después a programar el robot desde cero.

App Makeblock. (Nivel básico-intermedio): También se usa para manejar el robot sin tener ni idea además se puede utilizar para programarlo.

A través de la propuesta educativa, basada en un enfoque de enseñanza de la ciencia, matemática, y la tecnología de forma integrada con énfasis en sus

aplicaciones en el mundo real, se desarrollan diversas estrategias STEM, incorporando la robótica educativa dentro de propuestas en el aula, mediante la utilización del robot mBot de Makeblock.

5.1. Actividad N°1 mBot, programación y Apps:

El objetivo de esta actividad es generar un acercamiento al conocimiento científico-tecnológico por parte de los estudiantes, para ello trabajaran diferentes actividades exploratorias en el ámbito de la programación, interactuando con las aplicaciones tecnológicas que poseen las plataformas del mBot.

Objetivos específicos:

Aproximarse a los principios básicos de la robótica y la programación a través de metodologías innovadoras y el pensamiento computacional.

Fomentar habilidades como la creatividad, el trabajo en equipo, el pensamiento crítico y habilidades motoras.

1.- Utilizar las aplicaciones dispuestas en los móviles para trabajar en la programación de órdenes que el robot debe ejecutar. Los estudiantes interactúan a través de la opción Creative, con la cual, programan pequeños recorridos, funcionamiento de las luces, control de movimientos y velocidades, entre otros.



Figura 2. App Creative mBlock, mando a distancia mBot.

2.- Luego de dominar el robot mediante las Apps, completan las diferentes etapas en el modo Story, para lo cual, trabajan con diferentes bloques de ordenes en un entorno de trabajo Scratch, con lo cual los participantes comienzan la programación mediante una indagación guiada a través de la experimentación de bloques o comandos de acción.



Figura 3. App Story mBlock.

3.- Los estudiantes utilizan la App Makeblock, a través de esta aplicación, se busca que desarrollen diferentes movimientos programados en un ambiente de trabajo Scratch, realizan giros en 90°, miden distancia en el plano, según recorrido

que se requiera, alternancia en velocidades de los motores y efectos de la velocidad en los tiempos de recorrido.



Figura 4. Programación en base lenguaje Scratch.

4.- Mediante la programación en bloques a través del lenguaje de programación, los estudiantes de manera libre, programan el encendido de las luces del robot, trabajan variables tales como tiempo, colores, encendido simultáneo o individual, etc.



Figura 5. Recorrido y programación de herramientas mBot.

Luego de programar diferentes recorridos, los estudiantes, con ayuda de transportadores, verifican ángulos de giro del robot, haciendo especial énfasis en la clasificación de estos, de igual manera se refuerzan elementos de medición y superficie en los desplazamientos realizados por el robot, variación entre distancia recorrida y velocidad empleada en los desplazamientos generando estableciendo conexiones con la ciencia.

5.2. Actividad N° 2 sensores de movimiento (sigue línea)

Mediante la siguiente actividad, los estudiantes diseñan, en folios blancos, diferentes recorridos que tendrá que ejecutar el robot una vez ordenada la instrucción de sigue línea. Desarrollan posibles correcciones o calibraciones a cada dispositivo.

Objetivos específicos:

Adquirir competencias en el manejo, programación y utilización de sensores del robot.

Identificar patrones, variaciones que influyen en los desplazamientos del robot

1.- Con cinta aislante construirán su propio sigue línea, para lo cual deben considerar la medición de distancia recorrida, ángulos de giro, superficie a trabajar y longitud de la línea negra utilizada. A través de la indagación, los estudiantes formulan diferentes propuestas, encuentran regularidades para los circuitos generados para lo cual interactúan con las 9 velocidades que nos entrega en mando, destacando las variaciones de tiempo y distancia.

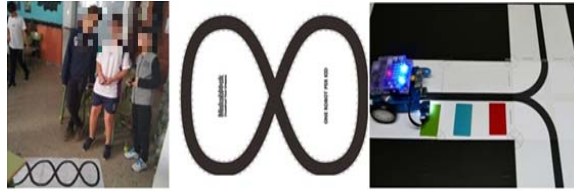


Figura 6. Práctica del sensor sigue línea, recorrido mBot.

2.- Como actividad de análisis, los estudiantes utilizan la aplicación instalada en los móviles denominada “Velocímetro” (milla o Kilometro), para ello estudian variaciones entre velocidad y distancia en los recorridos ejecutados, definen una velocidad máxima aplicada en cada circuito recorrido (concepto de fuerza, movimiento y masa de los robots).



Figura 7. Aplicación de sensores en recorrido del robot.

Una de las ideas centrales de estas actividades es que los alumnos comprendan y apliquen diversos elementos STEM, ya sea en la arquitectura de los recorridos, elementos anexos de carga aplicados a los chasis de los robots, variaciones de pendientes, unidades de medición utilizadas, velocidad promedio alcanzada, menores tiempos en recorrer el circuito.

5.3. Actividad N° 3 programación en bloques (App Makeblock)

Como una forma de utilizar el lenguaje de programación en los estudiantes y entender la base del funcionamiento de las nuevas tecnologías, los alumnos configuran diferentes movimientos que aplican en los recorridos del robot mBot utilizando lenguaje de programación Scratch. Se busca promover la creatividad y pensamiento lógico, necesario al momento de programar los movimientos del robot.



Figura 8. Plano de trabajo para ejecución en desplazamientos.

Objetivos específicos:

Iniciar el trabajo en programación de comandos a través de plataformas multimedia, practicando el pensamiento lógico, la resolución de problemas, la competencia digital, el razonamiento, la reflexión y la comunicación.

1.- A través de la opción Crear en la Apps Makeblock Utilizan los bloques para programar movimientos hacia atrás, adelante, izquierda o derecha (ángulos de 90°, 45°). Velocidad de motores, tiempos de pausa, opción de repetir la programación, etc. Una vez realizada la programación y haciendo clic en botón iniciar.



Figura 9. Programación ángulos de giro y recorridos (Scratch).

2.- Programan bloques de movimientos con variables para velocidad y tiempo de desplazamiento, alternar bloques para encendido de las diferentes luces Led de colores incluidas en la placa mCore, introducir notas musicales en sus 5 variantes a la programación de la placa del robot durante su recorrido.



Figura 10. Programación (Scratch) de luces y sonido en robot.

3.- Utilizando la Apps Medidor de ángulo, buscan identificar ángulos de inclinación utilizando el sistema sexagesimal, trabaja los arcos de gravedad entre los ejes, utiliza la pantalla de medición de imagen logrando graficar los datos obtenidos.



Figura 11. Aplicación de Apps en recorridos programados del mBot.

De esta forma se logra desarrollar una programación de recorridos libres de creación en el plano presentado, con la finalidad de aprender a controlar los movimientos del robot de forma autónoma, para luego planificar los desplazamientos específicos. Del mismo modo, los alumnos miden los recorridos, analizan la distancia recorrida y generan comparaciones entre los grupos de trabajo determinando cuales

son los robots que logran un mayor recorrido alcanzado v/s tiempo utilizado, verificando ángulo de giro ejecutado.

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados se presentan en función de las dimensiones declaradas en el instrumento de recolección descrito en el apartado anterior:

Organización y logística del proyecto: Se realiza una valoración a los aspectos relacionados con el lugar (espacio físico), horario, organización de los equipos de trabajo y la respuesta por parte del responsable a los requerimientos de los estudiantes. En la figura 12 se presentan las valoraciones medias de los ítems de esta dimensión:

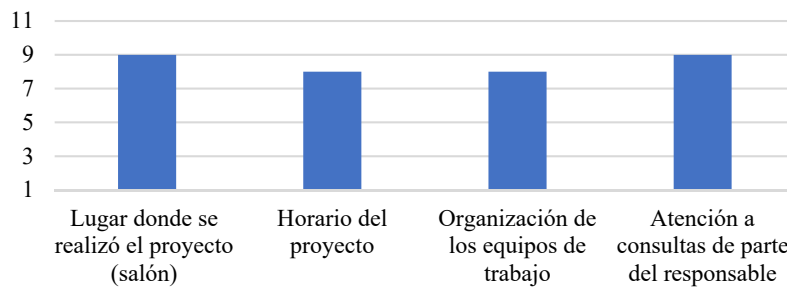


Figura 12. Organización y logística del proyecto

Se observa una alta valoración tanto del lugar donde se realiza el proyecto y la respuesta por parte del responsable a las demandas de los estudiantes (9) como el horario en el que se realizó y cómo se organizaron los equipos de trabajo (8). La valoración media de la dimensión corresponde a un 8,5 sobre 10, siendo muy bien valorada por los participantes.

Aplicación de áreas STEM en proyecto: Los estudiantes realizan una valoración de la integración de aspectos STEM en el desarrollo del proyecto. En la figura 13 se detalla la valoración de los ítems considerados para esta dimensión:

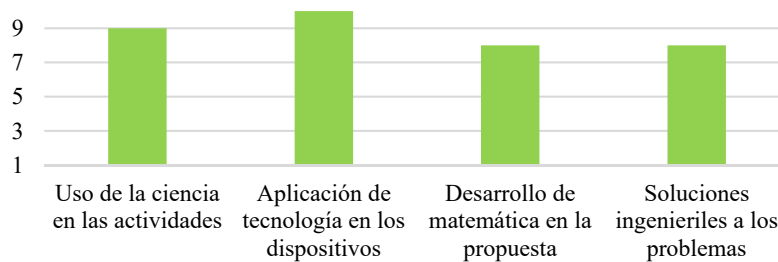


Figura 13. Aplicación de áreas STEM en proyecto

En cuanto a la valoración de las disciplinas STEM, se observa que los aspectos tecnológicos son valorados con la calificación más alta (10), seguida por la inclusión de aspectos científicos (9) y, finalmente, la inclusión de aspectos de las matemáticas e ingeniería (8). En términos generales, los participantes evalúan con una media de 8,75 la incorporación de un enfoque STEM en el desarrollo del proyecto.

Actividades trabajadas: Se considera la valoración estimada por los estudiantes a las actividades planteadas durante el transcurso del proyecto. En la Figura 14 se presentan los resultados medios de la valoración de esta dimensión:

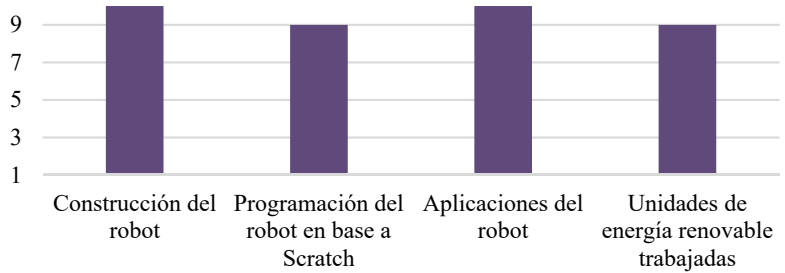


Figura 14. Actividades trabajadas durante las sesiones.

Nos encontramos en presencia de la dimensión con la mayor valoración (9,5 sobre 10), siendo las actividades de construcción (montaje) del robot y las aplicaciones asociadas al mismo las de mayor valoración (10), seguidas muy de cerca por la programación en base a Scratch y aquellas asociadas a las energías renovables con una valoración sobresaliente (9).

Materiales e instrumentos utilizados: En esta dimensión se tiene por objetivo conocer la valoración que le asignan los estudiantes a los materiales, instrumentos y/o herramientas tecnológicas utilizadas durante el proyecto. En la Figura 15 se presentan los datos asociados a esta dimensión:

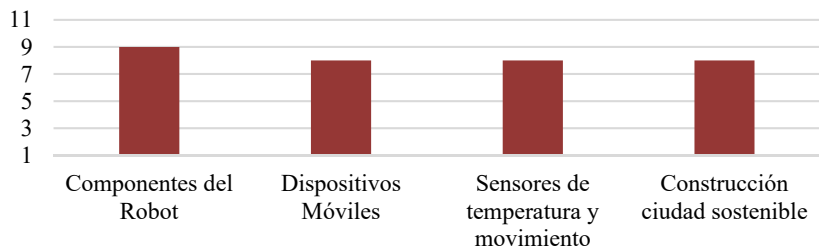


Figura 15. Materiales y otros instrumentos utilizados en el proyecto.

Se observa que la valoración más alta en esta dimensión corresponde a los componentes del robot (9), mientras que los dispositivos móviles, sensores y materiales renovables para la construcción de la ciudad sostenible correspondieron a

la valoración más baja (8). Respecto a la dimensión, en términos generales, fue evaluada con una media de 8,3.

Valoración General: En esta dimensión sólo fueron contemplados dos ítems, la valoración a la participación del responsable de los talleres y la evaluación del proyecto de forma global. En la Figura 16 se presentan los resultados obtenidos en esta dimensión.

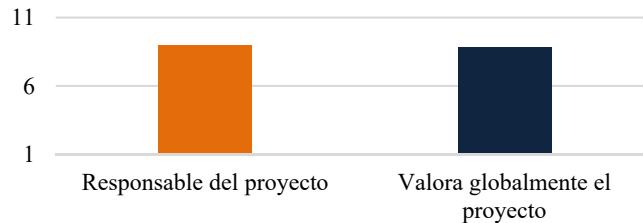


Figura 16. Valoración general del responsable y el proyecto.

Sobre la participación del responsable del proyecto, los estudiantes valoran con una puntuación sobresaliente (9) sus labores durante el desarrollo de las sesiones. Además, valoran positivamente la realización del proyecto (8,8).

Finalmente, en la Figura 17 se presenta una comparativa de las puntuaciones medias registradas en cada una de las dimensiones.

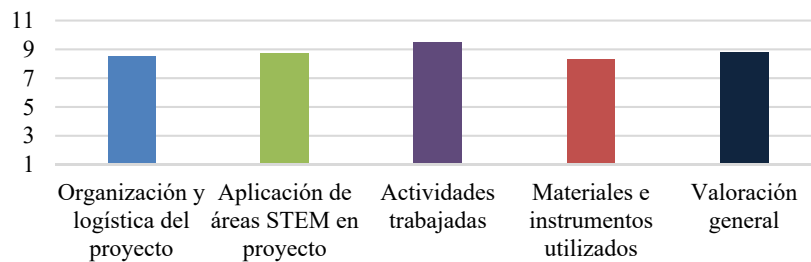


Figura 17. Comparativas sobre puntuaciones medias por dimensión.

Con relación a las dimensiones evaluadas, los estudiantes valoran que las “Actividades trabajadas” han sido el elemento que más ha destacado durante el desarrollo del proyecto (9,5). Consideramos que, en cierto sentido, esta alta puntuación se relaciona con las expectativas positivas de los propios participantes respecto a las actividades, lo que, asociado al trabajo en equipo, en un ambiente distendido, fuera del horario regular de clases, supone una disposición más relajada frente a los desafíos propuestos. Asimismo, la naturaleza de indagación de las actividades, que contemplan el uso de instrumentos de orden tecnológico, asociado a actividades manipulativas contribuyó en el desarrollo de las actividades (Aguilera y Perales-Palacios, 2018; Silva-Díaz, Carrillo-Rosúa y Fernández-Plaza, en revisión). Otro elemento que ha sido muy bien recibido por el estudiantado participante ha sido

la inclusión de la robótica educativa en el proyecto que hemos realizado (10), este se debe a la estimulación que reciben los estudiantes al momento de manipular un robot, especialmente durante las fases de montaje y programación, las que a su vez se encuentran asociadas a actividades de indagación, siendo un medio didáctico y motivador (Chung, Cartwright y Cole, 2014; Ferrada et al., 2020; Taylor, Vásquez, y Donehower, 2017).

Por su parte, la “Aplicación de áreas STEM en proyecto” ha sido valorada como la segunda mejor dimensión por parte de los estudiantes (8,75). Creemos que considerar un enfoque integrador de las disciplinas, como es el caso del STEM, ha tenido un efecto positivo en las actitudes de los estudiantes frente al trabajo planteado (Batdi, Talan y Smerci, 2019; Martín-Páez et al., 2019). Más aún, contemplar elementos tecnológicos en el diseño de las actividades y relacionarlos con los contenidos ha sido beneficioso para el aprendizaje de los participantes (Aguilera y Perales-Palacios, 2018; Busquets et al., 2016; Makokha, 2017).

En cuanto a las dimensiones “Organización y logística del proyecto” y “Materiales e instrumentos utilizados” han sido las que han tenido una menor valoración (8,5 y 8,3 respectivamente), de todas formas, siguen siendo puntuaciones bastante altas en consideración a la escala utilizada. Es interesante señalar que, a pesar del horario extra escolar, existió una alta fidelidad en la asistencia a los talleres por parte del estudiantado participante. En cuanto a los materiales, consideramos que el uso de una amplia diversidad de elementos provenientes tanto de la electrónica como material reciclado pudo suponer una carga importante a la hora de la realización de las actividades.

Por último, la valoración del proyecto (8.8) y el responsable del mismo (9.0) arrojan resultados alentadores para ser considerados en las actividades venideras, teniendo presente que los comentarios realizados en estas variables son analizados para conseguir mejorar aquellas debilidades observadas durante la realización del proyecto. (Reyes-González y García-Cartagena, 2014).

7. CONCLUSIONES

Los resultados reafirman nuestra postura inicial respecto de que la robótica, aplicada al aula, supone una alternativa atractiva y motivadora respecto de la metodología “tradicional”, más aún, si esta se encuentra asociada a un enfoque interdisciplinar, como es el caso de la educación STEM. La alta valoración de los estudiantes, en aspectos como las actividades de manipulación y ensamblaje del robot, nos permite señalar que el uso de material tecnológico facilita la comprensión de conceptos abstractos, propios del pensamiento computacional. El empleo del software mBlock, por ejemplo, permite que los estudiantes se involucren en el mundo de la programación (Barker y Ansorge, 2007), poniendo en práctica los conceptos trabajados durante las sesiones sobre el funcionamiento del mBot, promoviendo el

proceso creativo, con un enfoque en la interacción del estudiante y la colaboración grupal en la programación del robot.

La evaluación favorable de la implementación del programa, en el contexto específico en el que se desarrolló, nos permite concluir en dos aspectos relevantes: a) el uso de material tecnológico asociado a la robótica educativa constituye un elemento que favorece la actitud y disposición de los estudiantes a la hora de enfrentar desafíos de mayor complejidad, estimulando las habilidades del pensamiento lógico-matemático, la resolución de problemas y el trabajo en equipo, habilidades sumamente importantes en las competencias en el actual panorama del mercado laboral y b) el uso de este tipo de tecnologías en contextos profundamente desfavorecidos y con un alto índice de deserción escolar se constituye como una estrategia favorable para conseguir que los niveles de permanencia en el sistema escolar aumenten y, a su vez, que los estudiantes se tengan una mejor valoración de la educación de disciplinas de tipo científico-matemáticas.

Finalmente, consideramos necesario que la robótica educativa comience a adoptar un rol más protagónico en los currículos de enseñanza, sin embargo, para este propósito urge la realización de más actividades como las que se han propuesto en este estudio, las que permitan acercar la robótica educativa en un contexto más distendido, en el que tanto profesores y estudiantes generen un intercambio de conocimiento, lo que en definitiva será un aporte en el desarrollo de competencias tecnológicas en el profesorado.

8. REFERENCIAS

- Aguilera, D., y Perales-Palacios, F. J. (2020). What Effects Do Didactic Interventions Have on Students' Attitudes Towards Science? A Meta-Analysis. *Research in Science Education*, 50(2), 573-597.
- Batdi, V., Talan, T., y Semerci, C. (2019). Meta-analytic and meta-thematic analysis of STEM education. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology (IJEMST)*, 7(4), 382-399.
- Barker, B., y Anson, J. (2007). Robotics as means to increase achievement scores in an informal learning environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229-243.
- Becker, K., y Park, K. (2011). Effects of integrative approaches among science, technology, engineering, and mathematics (STEM) subjects on students' learning: A preliminary meta-analysis. *Journal of STEM Education*, 12(5), 23-38. <http://doi.org/10.1037/a0019454>
- Benitti, F. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978-988.
- Brennan, K., y Resnick, M. (2012, April). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In *AERA 2012 - annual*

- meeting of the American Educational Research Association, Vancouver, Canada.*
- Busquets, T., Silva, M., y Larrosa, P. (2016). Reflexiones sobre el aprendizaje de las ciencias naturales: Nuevas aproximaciones y desafíos. *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 42(especial), 117–135.
- Cardona, M. (2002). *Introducción a los métodos de investigación en educación*. Madrid: EOS
- Castiblanco, P. (2016). *El modelo STEM como practica innovadora en el proceso de aprendizaje de las matemáticas en las escuelas unitarias de la IED Instituto técnico agrícola de Pacho, Cundinamarca*. (Tesis de maestría). Universidad Tecnológica de Bolívar, Cartagena de Indias.
- Chung, C., Cartwright, C., y Cole, M. (2014). Assessing the impact of an autonomous Robotics competition for STEM education. *Journal of STEM Education: Innovations and Research*, 15(2), 24-34.
- 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.
- Denning, P. (2017). Remaining trouble spots with computational thinking. *Communications of the ACM*, 60(6), 33-39.
- De Jong, T. (2019). Moving towards engaged learning in STEM domains; there is no simple answer, but clearly a road ahead. *Journal of computer assisted learning*, 35(2), 153 -167.
- Ferrada C., Carrillo-Rosúa, J., Díaz-Levicoy, D. y Silva-Díaz, F. (2020). La robótica desde las áreas STEM en Educación Primaria: una revisión sistemática. *Education in The Knowledge Society (EKS)*. 22, 1-18.
- Gonçalves, J., Lima, J., Brito, T., Brancalião, L., Camargo, C., Oliveira, V., & Conde., M. Á. (2019). Educational Robotics Summer Camp at IPB: A Challenge based learning case study. In M. Á. Conde-González et al. (Eds.), *TEEM'19 Proceedings of the Seventh International Conference on Technological Ecosystems for Enhancing Multiculturality* (pp. 36-43). New York, USA: ACM.
- González, H. y Kuenzi, J. (2012). *Science, technology, engineering, and mathematics (STEM) education: A primer*. Washington, DC: Library of Congress. Congressional Research Service.
- Greca, I., García, E., Fridberg, M., Cronquist, B., y Redfors, A. (2020). Robotics and Early-years STEM Education: The botSTEM Framework and Activities. *European Journal of STEM Education*, 5(1), 01.
- Ha, O., y Fang, N. (2013). Development of interactive 3D tangible models as teaching aids to improve students' spatial ability in STEM education. *In Frontiers in Education Conference, 2013 IEEE* (pp. 1302-1304). IEEE.
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, P. (2010). *Metodología de la Investigación*. México: Mac Graw Hill.

- Linn, M. (2003). Technology and science education: starting points, research programs, and trends. *International Journal of Science Education*, 25(6), 727–758.
- López, V., Couso, D. y Simarro, C. (2020). Educación STEM en y para el mundo digital. *Revista De Educación a Distancia*, 20(62).
- López-Escribano, C. y Sánchez-Montoya, R. (2012). Scratch y necesidades educativas especiales: *Programación para todos*. RED, *Revista de Educación a Distancia*, 34(3), 1-14.
- Makokha, J. (2017). Emerging Technologies and Science Teaching. En: K.S. Taber y B. Akpan (eds.), *Science Education*, pp. 369-383. The Netherlands: Sense Publishers.
- Martín-Páez, T., Aguilera, D., Perales-Palacios, F., y Vilchez-González, J. (2019). What are we talking about when we talk about STEM education? A review of literature. *Science Education*, 103(4), 799-822.
- Marginson, S., Tytler, R. y Roberts, K. (2013). *STEM: comparaciones de países: comparaciones internacionales de educación en ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Reporte final*. Melbourne: Australian Council of Learned Academies
- Marrero, I. (2019). Desde LOGO hasta Scratch y más allá. *Revista NÚMEROS*, 100(3), 213-217.
- MECD (2014). *Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria*. Madrid: Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- Monsalves, S. (2011). Estudio sobre la utilidad de la robótica educativa desde la perspectiva del docente. *Revista de Pedagogía*. 32(90), 81-117.
- Nemiro, J., Larriva, C., y Jawaharlal, M. (2015). Developing Creative Behavior in Elementary School Students with Robotics. *The Journal of Creative Behavior*, 51(1), 70–90. <https://doi:10.1002/jocb.87>
- Park, I., Kim, D., Oh, J., Jang, Y., y Lim, K. (2015). Learning Effects of Pedagogical Robots with Programming in Elementary School Environments in Korea. *Indian Journal of Science and Technology*, 8(26), 1-5.
- Repenning, A., Basawapatna, A, y Escherle, N. (2017). Principles of Computational Thinking Tools. In P. Rich, & C. Hodges (Eds.), *Proceedings of Emerging Research, Practice, and Policy on Computational Thinking* (pp. 291-305).
- Reyes-González, D. y García-Cartagena, Y. (2014). Desarrollo de habilidades científicas en la formación inicial de profesores de ciencias y matemática. *Educación y Educadores*, 17(2), 271-285.
- Roig-Vila, R. y Moreno-Isac, V. (2020). El pensamiento computacional en educación. Análisis bibliométrico y temático. *Red. Revista de Educación a Distancia*, 20(63). <http://dx.doi.org/10.6018/red.402621>
- Ruiz-Vicente, F. (2017). *Diseño de proyectos STEAM a partir del currículum actual de Educación Primaria utilizando aprendizaje basado en problemas*,

- aprendizaje cooperativo, flipped classroom y robótica educativa*. (Tesis doctoral). Universidad CEU Cardenal Herrera, España.
- Sánchez, J. (2013). Qué dicen los estudios sobre el aprendizaje basado en proyectos. *Actualidad pedagógica*, 1-4
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. *Technology Teacher*, 68(4), 20-26.
- Sevian, H., Judy, Y., y Parchmann, I. (2018). How does STEM contex-based learning work: what we know and what we still do not know. *International Journal of Science Education*, 32(2) 1-13.
- Silva-Díaz, F., Carrillo-Rosúa, J., y 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. *Educar*, 57(1), 0119-138.
- 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.
- Vo, H., Zhu, C., & Diep, N. (2017). The effect of blended learning on student performance at course-level in higher education: A meta-analysis. *Studies in Educational Evaluation*, 53(3), 17–28.
- Wing, J. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.