

# Robótica educativa como herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las matemáticas en la formación universitaria de profesores de educación básica en tiempos de COVID-19

Angela N. Castro<sup>1</sup>\*, Cristhian A. Aguilera<sup>2</sup> y David Chávez<sup>1</sup>

(1) Instituto de Especialidades Pedagógicas, Universidad Austral de Chile Sede Puerto Montt, Puerto Montt, Chile  
(correo-e: [angela.castro@uach.cl](mailto:angela.castro@uach.cl); [david.chavez@uach.cl](mailto:david.chavez@uach.cl))

(2) Departamento de Ciencias de la Ingeniería, Universidad de Los Lagos, Puerto Montt, Chile  
(correo-e: [cristhian.aguilera@ulagos.cl](mailto:cristhian.aguilera@ulagos.cl))

\*Autor a quien debe ser dirigida la correspondencia

Recibido Oct. 29, 2021; Aceptado Dic. 20, 2021; Versión final Ene. 26, 2022, Publicado Feb. 2022

---

## Resumen

El objetivo de este estudio es analizar la efectividad de una unidad de robótica educativa en un ambiente simulado para la comprensión de conceptos básicos de robótica en profesores de educación básica en formación, a través del uso didáctico que hacen de ellos para la enseñanza de las matemáticas. Basados en una metodología cualitativa, se desarrolla un estudio de caso descriptivo y exploratorio con 18 profesores en formación. Se utilizan cuestionarios abiertos y escenarios de aprendizaje creados por los participantes. Los resultados muestran que, a pesar de que los participantes pensaban que era imposible aprender estos conceptos sin un kit físico, mayoritariamente cambian esta percepción, logran comprenderlos y diseñar actividades que promueven la resolución de problemas matemáticos. Se concluye que un ambiente simulado proporciona herramientas suficientes para aprender nociones básicas de robótica, sin la necesidad de un kit físico, que puede ser utilizado con fines didácticos.

*Palabras clave:* robótica educacional ; formación de docentes; educación primaria; educación a distancia; enseñanza de las matemáticas

## Educational robotics as a teaching and learning mathematics tool for primary education university students during the COVID-19 pandemic

### Abstract

This study aims to analyze how effective an educational robotics unit in a simulated environment is for improving primary school teachers' understanding of basic concepts in robotics while assessing their didactic use when teaching mathematics. A descriptive and exploratory case study is developed based on a qualitative methodology. Seventeen teachers in training are assessed by using open questionnaires and learning scenarios created by the participants. The results showed that even though the teachers surveyed thought it was impossible to learn robotics concepts without a physical kit, they changed their main perceptions and managed to understand the concepts and designed activities that promote the resolution of mathematical problems. It is concluded that a simulated environment provides sufficient tools to learn basic notions of robotics without needing a physical kit, which can be used for educational purposes.

*Keywords:* educational robotics; primary teacher training; distance education; mathematics teaching;

## INTRODUCCIÓN

Ante una era marcada por el rápido avance de la tecnología y la demanda nuevas habilidades y conocimientos asociados a las áreas STEM (ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas, por sus siglas en inglés), se ha destacado la importancia de promover en la formación de los ciudadanos del siglo XXI, el conocimiento y desarrollo de habilidades asociadas al manejo tecnologías digitales y de codificación. En este contexto, la robótica educativa se ha señalado como un recurso educativo que permite el desarrollo de habilidades digitales y de codificación desde los primeros años de escolaridad hasta la formación profesional (Barrera, 2015; Lancheros, 2010; Schina et al., 2021).

La robótica educativa es un componente importante de la educación STEM, introduciendo a los estudiantes al pensamiento científico y matemático complejo (Arabit y Prendes, 2020; Zhong y Xia, 2020) y en el desarrollo de habilidades del siglo XXI como la colaboración, la resolución de problemas, creatividad y la innovación (Cabello y Carrera 2017; Khanlari, 2016). Se han desarrollado diversas iniciativas que buscan preparar a los profesores de educación básica para incorporar la robótica educativa como una estrategia para la enseñanza de las matemáticas y las ciencias en el aula (Chalmers, 2017; Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Sisman y Kucuk, 2019). Estos estudios sugieren que este tipo de experiencias permite a los profesores de educación básica desarrollar una actitud positiva hacia la robótica educativa, adquirir los conocimientos y habilidades necesarias para utilizarla como una estrategia para abordar contenido STEM, y promover su intención de utilizarla en el aula. Sin embargo, la pandemia generada por el COVID-19 se ha transformado en un obstáculo para desarrollar tales experiencias.

La formación inicial docente en el Chile, al igual que muchos otros países durante la pandemia generada por el COVID-19, ha sido a distancia. Como consecuencia, se han dejado de realizar actividades fundamentales para la formación de profesores de educación básica que requieren del uso de recursos físicos, como la robótica educativa. Este escenario, plantea la necesidad de repensar la formación inicial docente en tiempos de emergencia y no emergencia sanitaria, con el objetivo de no perder oportunidades de aprendizaje que impacten esta formación haciendo uso de todo el potencial de los recursos tecnológicos disponibles. En este contexto, este estudio analiza la efectividad de una unidad de robótica educativa en un ambiente simulado para la comprensión de conceptos básicos de robótica, en profesores de educación básica en formación, a través del uso didáctico que hacen de ellos para la enseñanza de las matemáticas.

## OTROS ANTECEDENTES.

En este apartado se abordarán dos secciones que permitirán comprender el estudio realizado: (i) La robótica educativa, y (ii) La robótica educativa en la formación de profesores, las cuales se describen a continuación.

### *La robótica educativa*

Los robots son herramientas tecnológicas de gran interés en la educación básica, puesto que permiten el desarrollo de aprendizajes en las áreas STEM (González et al., 2018). El uso los elementos multidisciplinares presentes en la robótica con fines didácticos genera un entorno de aprendizaje activo y motivador para los estudiantes, promoviendo el desarrollo de habilidades clave del siglo XXI (Casado y Checa-Romero, 2020; Kim et al., 2017; Sisman y Kucuk, 2019). A su vez, ofrece diversas oportunidades para conectar las matemáticas y las ciencias e integrar la tecnología en el aula (Arabit y Prendes, 2020; Moreno et al., 2012). Sin embargo, pese al potencial que tiene la robótica educativa para el aprendizaje interdisciplinario en el aula de educación básica, su uso en las clases formales de ciencias y matemáticas no es consistente ni generalizado, quedando relegado a actividades extracurriculares (Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Schina et al., 2021). En este contexto, se ha señalado que uno de los principales obstáculos que impide a los profesores incorporar la robótica en sus prácticas de enseñanza, radica en no contar con suficientes robots educativos en las escuelas, y la falta de preparación que les permita establecer una conexión entre la robótica y la materia (Cabello y Carrera, 2017; Khanlari, 2016).

Muchos profesores desconocen los beneficios de la robótica educativa o no se sienten preparados para enseñarla (Hepp et al., 2013; Sisman y Kucuk, 2019). Esta falta de preparación se atribuye, entre otros aspectos, a la escasez de programas de formación docente que consideren la robótica educativa como parte de su plan de estudios, así como programas que permitan a los futuros docentes visualizar su conexión con las matemáticas y las ciencias (Schina et al., 2021). Incorporar la robótica educativa, como una estrategia para promover el aprendizaje interdisciplinario en el aula de primaria requiere, en primer lugar, preparar a los docentes desde la formación inicial para que puedan dar respuesta a esta nueva demanda de la educación del siglo XXI (Chalmers, 2017). En segundo lugar, el desarrollo de recursos que permitan la apropiación de todos los beneficios que ofrece la robótica educativa sin que las escuelas deban asumir el costo de un kit físico. En esta línea, se ha señalado que una forma apropiada para que los niños puedan tener experiencias

en robótica educativa cuando los robots reales no están disponibles, es el uso de simuladores de robots virtuales. En la literatura, se ha reportado la existencia de distintos tipos de simuladores de robótica, que varían en su finalidad, programación y en el rango de edad de los usuarios. No obstante, ninguno de ellos está dirigido a estudiantes de educación básica o profesores en formación, con un fin educativo y en base a un robot real (Tselegkaridis y Sapounidis, 2021).

### *La robótica educativa en la formación de profesores*

La robótica educativa es una valiosa herramienta para el aula de educación básica, pero su éxito depende en gran medida de la preparación de los profesores (Bravo y Forero, 2012). Las actitudes que los profesores tienen hacia la robótica, sus habilidades tecnológicas y la falta de conocimiento para establecer una conexión entre la robótica y la materia a enseñar, pueden obstaculizar su uso en el aula (Khanlari, 2016). Cuando los profesores no visualizan, por ejemplo, el potencial de la robótica para el aprendizaje de las matemáticas, luchan por hacer un uso efectivo de ella en su práctica (Zhong y Xia, 2020). En este contexto, se han desarrollado diversas iniciativas que buscan preparar a los profesores de educación básica, en servicio y en formación, para que se sientan seguros y cómodos con la robótica, y adquieran los conocimientos necesarios para utilizarla como una estrategia para abordar contenido STEM (Chalmers, 2017; Sisman y Kucuk, 2019; entre otros). En este tipo de estudios, con distinto alcance temporal, los profesores participan como aprendices de actividades que involucran el montaje y la programación de distintos kits robóticos, para luego desarrollar planes de clase que involucran contenido STEM, pudiendo llegar a implementarlos en sus aulas. A su vez, proporcionan evidencia que sugiere que este tipo de experiencias mejora en los docentes, la comprensión de conceptos científicos abordados, genera ganancias en el pensamiento computacional y en aspectos actitudinales asociados al uso de la robótica en la enseñanza y hacia las actividades STEM.

Así, por ejemplo, autores como Kucuk y Sisman (2018) exploraron las experiencias que un grupo de profesores de educación básica en formación tiene sobre el aprendizaje en el diseño y la programación de robots. Este curso, ofrecido como optativo dentro del plan de estudios de la carrera, tuvo una duración de 13 semanas y utilizó el kit de robótica educativa Robotis Dream. Los profesores en formación, recibieron instrucción sobre los principios de trabajo de sensores y mecanismos de movimiento para realizar actividades de robótica. Posteriormente, realizaron actividades de diseño y programación de robots, analizaron diversas estrategias para enseñar robótica a los niños. Sus resultados sugieren que los participantes visualizaron oportunidades para aprender haciendo, se divertieron, se interesaron al realizar actividades de robótica, y lograron proponer recomendaciones para el desarrollo de este tipo de experiencias en el aula. Jaipal-Jamani y Angeli (2017), en el contexto de un curso de métodos científicos, examinaron el interés y la autoeficacia sobre el uso de la robótica para la enseñanza y la forma en que se desarrolla el conocimiento y el pensamiento computacional, en un grupo de profesores en formación tras participar de actividades con el kit de robótica LEGO WeDo. Los participantes montaron robots utilizando el kit LEGO WeDo que usaban engranajes para producir movimiento, y recibieron instrucción sobre el funcionamiento de estos. Sus resultados sugieren que, tras la experiencia los participantes mostraron un mayor interés en aprender sobre robótica, una mayor autoeficacia para utilizarla en la enseñanza de la ciencia, mejoras en la comprensión de conceptos científicos básicos asociados a tipos de engranajes y cómo funcionan, y ganancias en habilidades de pensamiento computacional. Estos hallazgos coinciden con estudios similares como el de Kim et al. (2017) y Sisman y Kucuk (2019), al explorar aspectos relacionados al compromiso emocional, tales como motivación, interés y disfrute de los docentes al involucrarse en actividades de robótica que contemplan el montaje y programación de robots y diseño de planes de lecciones. Los resultados obtenidos en estos estudios sugieren que los docentes que participan en este tipo de actividades se muestran motivados y comprometidos con implementar la robótica educativa en su práctica futura.

Considerando que no todos los profesores pueden tener la oportunidad de participar de un curso de robótica educativa durante su formación inicial o a través de un desarrollo profesional, autores como Kim et al. (2019) desarrollaron un portal de recursos educativos abiertos para el uso de la robótica en la enseñanza y el aprendizaje. Este portal denominado RoboSTEM, busca ayudar a los docentes a aprender a diseñar y aplicar lecciones utilizando la robótica, a través de tutoriales sobre construcción y programación de robots, y ejemplos de lecciones compartidas por otros maestros que integran la robótica en las aulas. Si bien, esta iniciativa es una valiosa oportunidad para que los docentes puedan aprender a través de los ejemplos, los docentes no pueden simular el montaje de sus propios robots, limitando el aprendizaje de conceptos básicos de robótica que se obtienen a través del montaje y armado.

## **METODOLOGÍA**

Este estudio plantea como objetivo, analizar la efectividad de una unidad de robótica educativa en un ambiente simulado en la comprensión de conceptos básicos de robótica de un grupo de profesores primaria en formación y el uso didáctico que hacen de estos para la enseñanza de las matemáticas. Para efectos

prácticos, la efectividad se exploró en tres niveles: (1) cambios en las percepciones de los futuros docentes sobre robótica educativa, (2) comprensión de conceptos básicos de robótica, y (3) diseño de actividades de aprendizaje con robótica que promueven la resolución de problemas matemáticos para el aula de educación básica.

### *Enfoque y participantes*

Se implementó un diseño de estudio de caso descriptivo y exploratorio (Hernández et al., 2010), considerando el caso de 18 profesores de educación básica en formación que participan de un curso de juegos y razonamiento matemático impartido como parte del plan de estudios en el sexto semestre programa de formación de una Universidad del Sur de Chile. El grupo estaba conformado por 14 mujeres y 4 hombres con un rango de edad entre 21-23 años. Todos los participantes estaban cursando asignaturas de la mención matemáticas y ciencias naturales. La mayoría de los participantes manifestaron que no tenían experiencia en diseño robótico ni de programación en robótica antes de realizar el curso (15 de 18). Ninguno de los participantes había diseñado anteriormente actividades de aprendizaje con robótica para promover aprendizajes de otras asignaturas. Antes de iniciar la unidad, a través de un cuestionario inicial, se verificó que todos los participantes disponían de conexión a internet, un computador durante algún periodo del día para realizar las actividades, y que todos pudieran ejecutar una versión de prueba del programa a utilizar en el curso.

### *Desarrollo del simulador y la plataforma web*

Ante la no disponibilidad de recursos físicos en el contexto de la no presencialidad generada por el COVID-19, se desarrolló un simulador que permitiera aprender conceptos básicos de robótica, fácil de utilizar y compatible con cualquier computador con un navegador web. Utilizando la plataforma de juegos UNITY y una librería para el lenguaje visual llamado Blockly, se desarrolló un simulador online compatible con HTML, que no requería de instalación para su uso y disponible para distintos tipos de dispositivos, desde escritorio hasta móviles (por ejemplo, IOS y ANDROID) (Para mayor detalle consultar el sitio web <http://stemx.cl:3000>).

Se creó una plataforma web que contenía actividades que involucraban distintos desafíos que requerían del uso del simulador creado. Para utilizar la plataforma los usuarios debían ingresar su Número de Documento de Identidad y hacer clic sobre el botón ingresar. Seguidamente se presentaban 8 actividades de robótica simuladas a desarrollar con distintos niveles de complejidad. Al hacer clic sobre cada actividad aparecía una ventana dividida en dos secciones. En la parte izquierda, se encontraba la simulación del robot y el escenario en el que deberán desarrollar la tarea; y en la parte inferior de estos 5 controles, 3 cámaras. Los controles contenían botones para: ejecutar, detener y reiniciar el programa respectivamente, guardar el código utilizado en el computador a través de su descarga, y para cargar un código guardado en su computador al simulador para ser ejecutado. Las cámaras proporcionaban vistas desde diversos ángulos del robot: una vista desde atrás, una vista lateral y una vista panorámica para ver el escenario completo.

En la parte derecha de la pantalla al acceder a la actividad, los usuarios encontraban el lenguaje de programación que permitirá darle instrucciones al robot. Este se presenta en formato de bloque de texto, y está organizado en categorías generales función de las acciones que permite ejecutar al robot. Los usuarios debían hacer clic sobre la función requerida y arrastrar el bloque a la sección en blanco en este lado de la pantalla e ir colocando todos los bloques que involucra su código de manera secuencial desde arriba hacia abajo. En esta parte de la pantalla también se incluyó la opción de zoom representada por un símbolo "+" para poder aumentar el tamaño de la fuente o disminuirla utilizando el símbolo "-" según fuese necesario. También disponían de un icono de papelera, en donde podían arrastrar los elementos que deseaban eliminar. Completada la actividad, el usuario debía pinchar la parte superior izquierda correspondiente al ícono de actividades y así continuar con la siguiente actividad repitiendo todo el proceso.

### *La experiencia*

Los futuros maestros participaron de una unidad de robótica de cuatro semanas que utilizó el simulador y la plataforma en línea anteriormente descrita, para aprender conceptos básicos de robótica y hacer un uso didáctico de estos para la enseñanza de las matemáticas. Esta unidad consideró seis sesiones virtuales de 60 minutos desarrolladas durante el mes de mayo de 2021 en las que se abordaron contenidos de robótica y su vinculación con aprendizajes del currículo de matemáticas de educación básica. En la primera sesión, se abordó qué es un robot, y los componentes que requieren para seguir una secuencia de instrucciones de manera autónoma, a través de la exploración de lo que puede o no hacer un robot dependiendo de los componentes con los que cuenta en el simulador. En esta sesión, los participantes aprendieron que los robots necesitan de componentes móviles, como motores, para poder avanzar, retroceder y girar, y un sistema de control o cerebro que se programa y se conecta con las demás partes del robot para que este realice un

determinado comportamiento. También descubrieron cómo utilizar dos motores para generar distintos tipos movimiento en un robot móvil (ver Figura 1).

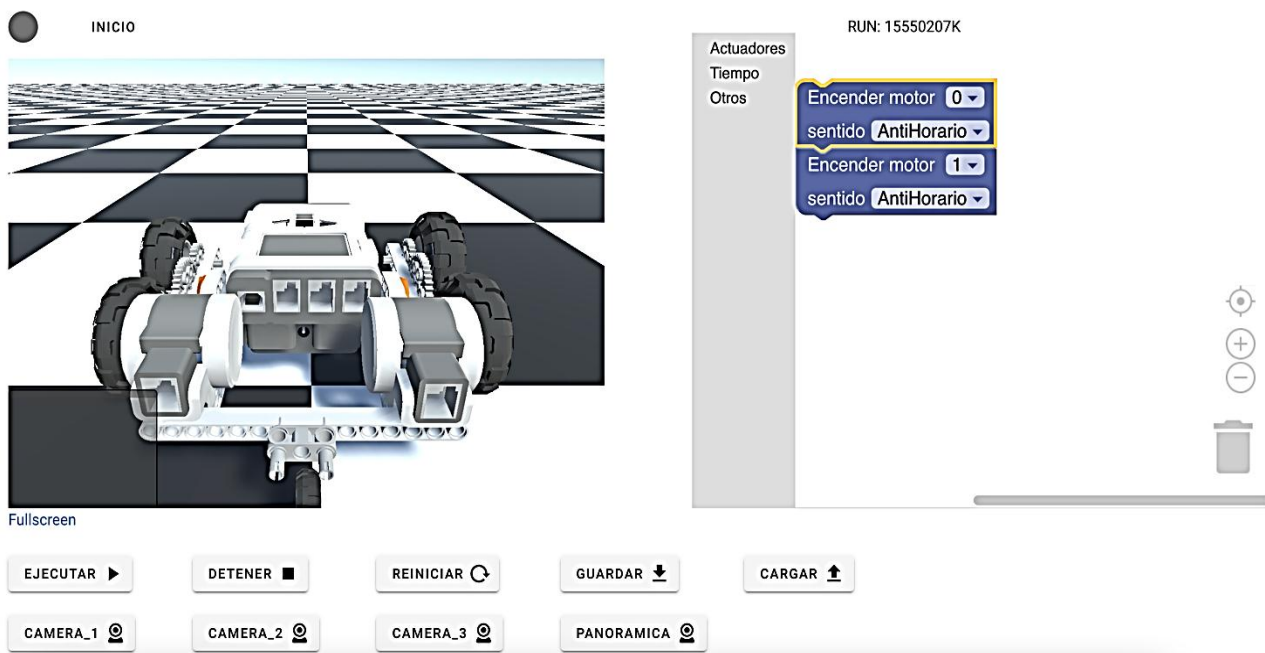


Fig. 1. Actividad 3 sesión 1. Determinar las opciones se giro con dos motores

En la segunda sesión, se abordó cómo los robots interactúan con el mundo. En esta sesión los participantes descubrieron que los sensores facilitan la información necesaria para que los robots interpreten el mundo real. Específicamente, utilizaron el sensor de luz y distancia para resolver algunos desafíos, y reflexionaron sobre qué matemáticas estaban presentes en los desafíos planteados. En la tercera sesión, los participantes continuaron explorando sensores, específicamente el sensor de brújula, que permitía poder efectuar giros en diferentes ángulos, y el sensor de color; resolvieron algunos desafíos utilizando estos sensores en el simulador, y reflexionaron sobre qué matemáticas estaban presentes en los desafíos planteados. En la cuarta sesión, se abordaron loops y parámetros numéricos. Los participantes descubrieron que instrucción o secuencia de instrucciones puede modificarse para repetirse un número determinado de veces, y que un programa simple que usa menos bloques es mejor que otro más complejo que logra el mismo objetivo. En la quinta sesión, se abordaron las bifurcaciones, experimentando, a través de desafíos, que un robot puede escoger entre dos secuencias de instrucciones según el estado de una condición dada e identificando qué situaciones requieren de un programa bifurcado. También analizaron qué matemáticas estaban presentes en los desafíos realizados. Finalmente, en la sexta sesión los participantes se involucraron en equipos en un desafío que involucra los temas abordados en las sesiones anteriores y reflexionar sobre qué matemáticas estaban presentes en esta actividad.

#### *Técnicas de recolección y análisis de los datos*

Al iniciar la unidad, se les informó a todos los estudiantes que los resultados del trabajo serían insumo para la presente investigación, explicando que podían solicitar, sin que ello afectara el desarrollo de la asignatura, que sus resultados no fueran incluidos en los análisis. Una vez obtenido su consentimiento para el tratamiento de los datos, se procedió a iniciar el proceso de recolección de datos. Con el propósito de cumplir con el objetivo de esta investigación se diseñaron tres instrumentos. El primer instrumento indagó las percepciones de los participantes sobre el aprendizaje de conceptos básicos de robótica en ambientes simulados y su intención de utilizar la robótica educativa en su práctica futura para promover la resolución de problemas matemáticos, y fue administrado a los estudiantes al finalizar la unidad. Este cuestionario estaba compuesto por cuatro preguntas abiertas orientadas a explorar sus percepciones al inicio y tras la experiencia, y una pregunta adicional al cierre de la unidad.

El segundo instrumento, indagó los conocimientos y experiencias previas de los de futuros profesores sobre conceptos básicos de robótica antes y después de la unidad, compuesto por cuatro preguntas abiertas centradas en los conocimientos que poseían los estudiantes respecto a la robótica, programación, y en el diseño de actividades que integrarán la robótica con otras asignaturas, las que se detallan en la sección de Resultados y discusión, y que fueron aplicados antes y después de la implementación de la unidad.

El tercer instrumento, consistió en la evaluación de un diseño de actividades para determinar en qué forma el desarrollo de la experiencia permite a los futuros profesores de educación básica hacer un uso didáctico de la robótica para promover la resolución de problemas matemáticos. Al término de la unidad se solicitó a los participantes diseñar en equipos una actividad de aprendizaje con robótica que promueva la resolución de problemas matemáticos para el aula. Para el desarrollo de esta actividad los participantes debían: (i) seleccionar un plan de estudios de matemáticas, (ii) definir los aprendizajes a abordar, (iii) definir un problema a resolver utilizando un robot, (iv) diseñar, describir y representar el escenario de aprendizaje para resolver el problema, (v) definir el tipo de robot necesario para resolver el problema planteado y sus componentes principales, y (vi) esbozar las posibles algoritmos o programas que los estudiantes deben desarrollar para dar respuesta al problema.

Las respuestas de los de futuros profesores fueron analizadas cualitativamente utilizando una codificación descriptiva, en la que se resumieron las respuestas de pregunta en una palabra o una frase corta que definía el foco principal de la respuesta expresada (Hernández et al., 2010). Las respuestas se transcribieron en una planilla Excel y fueron codificados por los investigadores de manera individual. Posteriormente, los códigos descriptivos fueron revisados por los investigadores en conjunto y organizados en temas en base a sus similitudes por tipo y frecuencia, y las descripciones asociadas con las respuestas de los futuros profesores. Las actividades de aprendizaje con robótica elaboradas por los participantes, fueron analizadas en función de la pertinencia: (i) del problema a resolver, (ii) del contenido matemático abordado, (iii) de los componentes principales del robot, y (iv) los posibles algoritmos o programas que los estudiantes deben desarrollar para dar respuesta al problema, según las categorías a priori descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Categorías de análisis de las actividades propuestas.

<i>Aspectos a evaluar</i>	<i>Pertinente</i>	<i>Medianamente pertinente</i>	<i>No pertinente</i>
Problema a resolver	Cuando el problema planteado implica un desafío para los estudiantes y tiene sentido el uso del robot.	Cuando el problema planteado no implica un desafío para los estudiantes pero tiene sentido el uso del robot.	Cuando el problema planteado no implica un desafío para los estudiantes y no tiene sentido el uso del robot.
Contenido matemático	Cuando el contenido matemático señalado se puede desarrollar adecuadamente en base a la actividad de robótica.	Cuando el contenido matemático señalado se puede desarrollar parcialmente en base a la actividad de robótica.	Cuando el contenido matemático señalado no se puede desarrollar adecuadamente en base a la actividad de robótica.
Componentes del robot	Cuando se incluyen todos los componentes principales necesarios para que el robot ejecute la tarea.	Cuando se incluyen la mayoría de los componentes principales necesarios para que el robot ejecute la tarea.	Cuando se incluyen aspectos que no corresponden a componentes principales necesarios para que el robot ejecute la tarea.
Posibles algoritmos/programas	Cuando los programas o algoritmos propuestos dan respuesta al desafío planteado e involucran un lenguaje de programación adecuado al nivel escolar.	Cuando los programas o algoritmos propuestos dan respuesta al desafío planteado pero no involucran un lenguaje de programación adecuado al nivel escolar.	Cuando los programas o algoritmos propuestos no dan respuesta al desafío planteado e involucran o no un lenguaje de programación adecuado al nivel escolar.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos en base a los instrumentos diseñados para este estudio se presentan en tres secciones: (i) Percepciones sobre robótica educativa; (ii) Comprensión de conceptos básicos de robótica, y (iii) Diseño de actividades con robótica para la resolución de problemas matemáticos, las cuales se desarrollan a continuación.

### *Percepciones sobre robótica educativa*

Tal como se describió en la sección anterior, a todos los estudiantes se les preguntó sobre sus percepciones sobre robótica educativa antes y después de la implementación de la unidad, a través de cuatro preguntas diseñadas especialmente para tal efecto: 1) ¿Es posible aprender conceptos básicos de robótica ambientes simulados sin utilizar un kit físico?; 2) ¿Es posible aprender conceptos básicos de programación ambientes simulados sin utilizar un kit físico?; 3) ¿Te sientes capaz de desarrollar actividades utilizando la robótica como herramienta para promover el aprendizaje de las matemáticas?; 4) ¿Incorporarías la robótica educativa en tu

práctica futura como profesor(a)? Las respuestas obtenidas fueron codificadas originalmente en entre 6 y 8 códigos, dependiendo de la pregunta. Sin embargo, en todos los casos, podían agruparse en cuatro categorías principales: desconocimiento, negativismo, escepticismo, y optimismo.

La primera categoría, denominada “desconocimiento”, agrupó las respuestas en las que los estudiantes sencillamente no lograban concebir una respuesta, aludiendo directamente a una falta de preparación para poder emitir una opinión. Esta categoría emergió únicamente en relación a las percepciones previas al inicio del curso, y desapareció en las percepciones posteriores (ver Tabla 2). Desde luego, asumir una postura de desconocimiento de entrada, parece implicar una apertura al conocimiento. Especialmente, en la pregunta relacionada con la posibilidad de incorporar la robótica educativa en su práctica futura, el desconocimiento reportado fue muy alto, alcanzando el 64,7%. Si bien estos hallazgos no son comparables por el contexto de virtualidad en que se realiza el estudio, se valora positivamente que la percepción inicial no fuera escéptica o negativista. Por el contrario, la alta resistencia inicial a la pregunta sobre sus capacidades para desarrollar actividades que incluyan la robótica educativa antes de iniciar la unidad se asocia más bien a una respuesta crítica relacionada con el reconocimiento de su propio desconocimiento.

Tabla 2. Frecuencias de categorías de percepciones al inicio y término del curso

Categorías	Aprender robótica		Aprender programación		Desarrollar actividades		Integrar robótica educativa	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Desconocimiento	11,8%	0,0%	6,7%	0,0%	0,0%	0,0%	64,7%	0,0%
Negativismo	41,2%	11,8%	26,7%	6,7%	88,2%	0,0%	0,0%	0,0%
Escepticismo	11,8%	23,5%	13,3%	13,3%	11,8%	5,9%	17,6%	35,3%
Optimismo	35,3%	64,7%	53,3%	80,0%	0,0%	94,1%	17,6%	64,7%

La segunda categoría, denominada “negativismo”, agrupó las respuestas en las que se observó una resistencia explícita al uso de la robótica educativa. Aunque muchas veces esta resistencia se justificaba en la ignorancia, siempre incluía un componente adicional de pesimismo respecto a las posibilidades de superar esta situación. Es decir, mientras la categoría “desconocimiento” incluye respuestas relativamente neutrales y sin predisposición definida, la categoría “negativismo” sólo incluye respuestas en que la predisposición es negativa. Por ejemplo, algunas respuestas de tipo “es demasiado difícil de aprender”, “no creo que pueda”, o sencillamente “no lo aplicaría” se incluyeron aquí. Tal como ocurrió con la categoría anterior, esta categoría emergió principalmente en las percepciones iniciales de los estudiantes, y se redujeron drásticamente al finalizar la unidad. Así, por ejemplo, al preguntar sobre la posibilidad de aprender conceptos básicos de robótica en ambientes simulados, el 41,2% de las respuestas fueron categorizadas como negativistas al inicio del curso, frente a sólo un 11,8% al finalizarlo. Si bien estos hallazgos no son comparables por el contexto de virtualidad en que se realiza el estudio, este ejemplo es llamativo, porque muestra un cambio muy relevante de percepciones.

En el caso de la pregunta respecto a sus capacidades para desarrollar actividades que incluyan la robótica educativa, el resultado es aún más llamativo, dado que esta pregunta fue evaluada con una muy fuerte carga negativa al inicio del curso (88%). Sin embargo, al cierre del curso, todos los estudiantes se sentían capacitados, en distintas medidas y con grados variables de complejidad, para integrar la robótica en sus prácticas educativas. Es importante aclarar que esto en ningún caso implica que los estudiantes reportaban tener todos los conocimientos necesarios, lo que sería absurdo considerando la extensión y alcance de la unidad. Una respuesta de esa naturaleza sería alarmante por su falta de razonamiento crítico. Por el contrario, todos los estudiantes matizaron que se sentían preparados para integrar actividades específicas, reconociendo en todos los casos que le faltaban más conocimientos para incluir otro tipo de actividades. Estos resultados coinciden con los reportados en estudios basados en el uso de kits físicos de robótica (Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Khanlari, 2016; Kucuk y Sisman, 2018), que dan cuenta que si bien los futuros maestros logran adquirir conocimientos que les permiten utilizar este tipo de robots con fines didácticos, se requiere incorporar la robótica educativa como un componente en la formación inicial docente, para que estos puedan desarrollar las competencias necesarias para implementarla en el aula.

La tercera categoría, que hemos denominado como “escepticismo”, agrupó las respuestas en las que se observaba una percepción fundamentalmente positiva de las herramientas revisadas, pero matizadas por una mirada pesimista respecto a la posibilidad de aplicarlas en la práctica. Respuestas tales como: “se puede aprender, pero la plataforma es muy limitante”, “podría integrarlas, pero depende mucho de los recursos de la escuela para tener computadores suficientes, internet, etcétera”, o “todavía no me siento capaz, creo que

necesito aprender más para poder aplicarlo”, entraron en esta categoría. Aunque en estricto rigor, se trata de un punto intermedio entre el negativismo y el optimismo, el escepticismo tiene algunas características interesantes de abordar, que lo diferencian fundamentalmente de estas dos categorías. En primer lugar, a diferencia de la connotación más asociada a la resistencia al cambio que se observaba en las respuestas negativistas, en esta categoría sí se observaba una disposición a asumir la robótica educativa como una herramienta didáctica útil. Sin embargo, aparece una dimensión crítica, aunque incipiente, en dos sentidos. Primero, la auto-crítica, en el sentido de asumir la falta de preparación propia y de las limitaciones de un curso con severas restricciones temporales. En segundo lugar, la crítica a las limitaciones de la plataforma usada, y, por otro lado, la capacidad del sistema educativo público de absorber iniciativas como estas. Estos resultados coinciden con lo reportado por los docentes en estudios similares, respecto a los obstáculos que experimentan para hacer un uso generalizado de la robótica educativa en el aula, destacando la falta de condiciones en la escuela para el desarrollo de estas experiencias, como por ejemplo, contar con suficientes robots educativos, y su falta de conocimiento para establecer una conexión entre la robótica y la materia (Cabello y Carrera, 2017; Khanlari, 2016).

Finalmente, la categoría “optimismo” incluye las respuestas que tenían una mirada fundamentalmente positiva de la robótica educativa, su utilidad pedagógica, y la posibilidad de aprenderla en ambientes simulados. Es llamativo que, en todos los casos, el optimismo de las respuestas aumentó de forma muy evidente al término del curso. En general, se observó percepciones muy positivas respecto a la utilidad de los contenidos revisados para sus futuras prácticas profesionales en el aula, aunque siempre bajo el entendido de la necesidad de mayor perfeccionamiento en la materia. Este hallazgo coincide con resultados obtenidos en estudios que utilizan con kits físicos de robótica, que sugieren que, cuando los futuros docentes se involucran en actividades de robótica, reconocen el potencial la robótica educativa para el abordaje de contenidos STEM y el desarrollo de habilidades en sus futuros estudiantes (Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Khanlari, 2016).

Al cierre de la unidad, se agregó una quinta pregunta, que indagaba respecto a la relevancia percibida de estos contenidos en su formación (“¿Crees que es importante desarrollar experiencias como esta en la formación inicial docente?”). Todas las respuestas se centraron en dos ejes temáticos: por un lado, una valoración positiva asociada a la adquisición de nuevas herramientas didácticas para motivar a sus estudiantes, y por otro, la percepción de que estos contenidos, que no tienen un gran desarrollo en su formación, eventualmente no será opcional en sus prácticas laborales, a medida que va aumentando la presión por incorporar tecnologías al aula. Este hallazgo también coincide con estudios similares (Kim et al., 2017; Sisman y Kucuk, 2019) en los cuales los futuros docentes que participan en este tipo de experiencias, se muestran motivados y comprometidos con implementar la robótica educativa en su práctica futura, requiriendo de apoyos formativos para dar respuesta a esta nueva demanda del siglo XXI (Chalmers, 2017).

#### *Comprensión de conceptos básicos de robótica*

En el caso del conocimiento sobre robótica, se indagaron cuatro temas específicos: qué es un robot, qué es programar, cuáles son los componentes principales de un robot, y cómo se le dan instrucciones a un robot. Las respuestas fueron codificadas libremente, y posteriormente categorizadas en función de su complejidad. Para mayor facilidad de análisis, estas categorías, que por la naturaleza de las preguntas no eran comparables, fueron posteriormente descritas como de complejidad baja, media y alta. De esta manera, se entendió que las definiciones de robot eran de baja complejidad cuando sólo mencionaban una máquina, de complejidad media cuando se definía como una máquina que cumple funciones determinadas, y de alta complejidad cuando se agregaba que estas funciones se realizan de forma autónoma; en la definición de programación, de los componentes principales de un robot, y de la forma en la que se le da instrucciones a un robot, la baja complejidad se asoció con respuestas en las que se reportaba ignorancia del tema, o la respuesta era tan vaga que no permitía establecer claramente una respuesta viable.

En el caso de la definición de programación, todas las respuestas que implicaban entregar instrucciones u ordenar y secuenciar las acciones a realizar por el robot fueron consideradas de complejidad media, mientras aquellas que agregaban el contenido creativo (crear instrucciones o programas) y el uso de lenguajes o algoritmos específicos fueron considerados de complejidad alta. En la tercera pregunta, que indagaba sobre los componentes de un robot, se consideró de complejidad media cuando sólo abordaba componentes genéricos de cualquier instrumento tecnológico (específicamente, el hardware y el software), y de complejidad alta cuando agregaban componentes específicos de los robots (por ejemplo, sistema de control, sensores, motor, entre otros). Finalmente, en la cuarta pregunta, que abordó cómo se dan instrucciones a un robot, se consideró de complejidad media a toda respuesta que incluyó exclusivamente medios pre-existentes, tales como controles remotos, programas, u otros similares. Para ser considerado de alta complejidad, debía incluir componentes relacionados con lenguajes de programación, o sistemas de control (Tabla 3).



Tabla 3. Frecuencias de categorías de conocimientos al inicio y término del curso

Nivel de complejidad	Robot		Programación		Componentes		Instrucciones	
	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después	Antes	Después
Baja (NB)	11,8%	0,0%	17,6%	0,0%	17,6%	0,0%	23,5%	0,0%
Media (NM)	88,2%	0,0%	82,4%	35,3%	52,9%	0,0%	76,5%	5,9%
Alta (NA)	0,0%	100,0%	0,0%	64,7%	29,4%	100,0%	0,0%	94,1%

En términos generales, antes de iniciar la unidad, la mayoría de los estudiantes dieron respuestas de mediana complejidad. Por ejemplo, para definir “robot”, tenían la comprensión de que se trata de una máquina que cumple funciones, pero no le agregaban contenido relacionado con la capacidad para realizar estas funciones de manera automática. Por ejemplo, el robot se definió como “una máquina que realiza operaciones gracias a las instrucciones que se le entregue” (Estudiante 13, varón, aplicación inicial), un “aparato tecnológico que sirve para realizar ciertas actividades” (Estudiante 8, mujer, aplicación inicial), o “una máquina que realiza operaciones gracias a las instrucciones que se le entregue” (Estudiante 3, mujer, aplicación inicial). En todas estas respuestas, se explicita la noción de realización de funciones o actividades específicas, pero la noción de automatismo no es explícita.

En el caso de la programación, las respuestas simplemente asociaban la programación con entregar instrucciones, por ejemplo, el “dar instrucciones a alguna máquina tecnológica para que realice una función determinada” (Estudiante 14, mujer, aplicación inicial). Desde luego, esta definición, aunque correcta, no profundiza en aspectos técnicos básicos de la programación, como el uso de un lenguaje específico. Del mismo modo, cuando se les pregunta cómo se le da instrucciones a un robot, que se relaciona con los conocimientos en programación, las respuestas mostraron la misma falta de profundidad. Por ejemplo, mencionaban que las instrucciones se dan “a través de la programación” (Estudiante 17, mujer, aplicación inicial), o “a través de un computador o procesador” (Estudiante 7, mujer, aplicación inicial), limitándose a definir qué se comunica con el robot, pero sin entregar mayores detalles que respondan efectivamente al cómo estas instrucciones son entregadas.

Cabe destacar que, al inicio de la unidad, no se observaron respuestas de alta complejidad en ninguna de las preguntas, con excepción de la pregunta relacionada con los componentes de un robot (29,4%). Al cierre de la unidad, sin embargo, se observó un cambio evidente hacia respuestas de mayor complejidad, especialmente en las definiciones de robot (pregunta 1) y de sus componentes (pregunta 3). Esto es muy relevante, porque uno de los principales temores iniciales de los estudiantes se relacionaba con la falta de un kit físico, lo que se percibía como una amenaza importante a la hora de aprender conceptos básicos de robótica. Pese a esta percepción que hemos denominado negativista hacia el aprendizaje virtual de conceptos básicos de robótica, todos los estudiantes alcanzaron definiciones de alta complejidad en estos temas al término de la unidad.

Por ejemplo, retomando algunos casos revisados al inicio de este apartado, se pasó de definir robot como un “aparato tecnológico que sirve para realizar ciertas actividades” (Estudiante 8, mujer, aplicación inicial) a definirlo como una “máquina que se puede programar para realizar ciertos tipos de tareas de forma autónoma” (Estudiante 8, mujer, aplicación final). En la segunda definición, aparecen las nociones de programación y de automatismo, dotando de mucha mayor riqueza y precisión al concepto de robot. Un caso especial es el de la definición de programación (pregunta 2), que, si bien alcanzó un 64,7% de respuestas de complejidad alta, mantuvo un porcentaje relativamente alto de respuestas de complejidad media (35,3%). Esto puede deberse tanto a que la programación es un concepto mucho más abstracto y difícil de entender para estudiantes sin conocimientos previos en la materia, como a las limitaciones propias de la unidad, tanto en su alcance y extensión, como en los materiales usados. En general los resultados sugieren que, el uso del simulador ha permitido que la mayoría de los participantes pueda comprender conceptos básicos de robótica y programación que normalmente se obtienen tras el desarrollo de actividades que involucran el montaje y la programación de kits físicos de robótica educativa reportados en la literatura (Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Kucuk y Sisman, 2018).

#### *Diseño de actividades con robótica*

Se solicitó a los participantes diseñar en equipos, una actividad de aprendizaje con robótica que promueva la resolución de problemas matemáticos para el aula de educación básica. Para ello se debía considerar el plan de estudios de matemáticas y los aprendizajes a abordar; un problema a resolver utilizando un robot; diseñar, describir y representar el escenario de aprendizaje para resolver el problema; definir el tipo de robot necesario para resolver el problema planteado y sus componentes principales; y esbozar los posibles algoritmos o programas que los estudiantes deben desarrollar para dar respuesta al problema. Se observó que, tras el

desarrollo de la unidad de robótica en un ambiente simulado, todos los equipos lograron plantear una actividad de aprendizaje con robótica que promovía la resolución de problemas matemáticos en el aula de educación básica, pero con distintos grados de complejidad.

Tabla 4. Actividades de aprendizaje con robótica propuestas por los futuros profesores

<i>Escenario de aprendizaje</i>	<i>Problema a resolver</i>	<i>Grado</i>	<i>Aprendizajes matemáticos abordados</i>
1. Demarcación de un espacio respetando distanciamiento social.	Delimitar en la entrada del comedor a la fila para recibir la comida, considerando un distanciamiento social de 1 metro como mínimo, y que el robot solo puede detenerse 50 centímetros antes de un obstáculo.	5	Medición de longitudes con unidades estandarizadas en el contexto de la resolución de problemas.
2. Medición de perímetro de un rectángulo.	Programar al robot para seguir la trayectoria dada de un rectángulo y medir la longitud del recorrido realizado.	5	Medición de longitudes con unidades estandarizadas en el contexto de la resolución de problemas.
3. Movimiento en un mapa en base a coordenadas.	Programar al robot para moverse por distintos puntos de una ciudad utilizando coordenadas de números y colores.	4	Describir la localización absoluta de un objeto en un mapa simple con coordenadas informales.
4. Dibujar figuras planas utilizando coordenadas.	Dibujar un triángulo rectángulo en el plano cartesiano utilizando el robot.	5	Identificar y dibujar puntos en el primer cuadrante del plano cartesiano, dadas sus coordenadas en números naturales.
5. Diseño de una ruta de recorrido en base a condiciones dadas.	Crear una ruta que satisfaga las siguientes condiciones: (i) que sea en línea recta dentro de la sala, (ii) que contenga un obstáculo tipo túnel que pueda atravesar el robot, y (iii) que concluya con una pila de cuadernos. Sin utilizar un objeto de medición, calcular la distancia total de tu camino.	4	Medir longitudes con unidades estandarizadas y realizar transformaciones entre estas unidades en el contexto de la resolución de problemas.
6. Ayudar a Selena y su mamá a llegar al Hospital.	Selena tiene que llevar a su mamá rápidamente al hospital. Con ayuda del robot, demuestra cuál es el camino más corto para llegar a su destino.	4	Describir la localización absoluta de un objeto en un mapa simple con coordenadas informales.
7. Identificación de figuras planas utilizando coordenadas.	Descubrir las coordenadas ocultas en los puntos marcados en el plano cartesiano y a la vez la figura que se forma al unir estos puntos.	5	Identificar y dibujar puntos en el primer cuadrante del plano cartesiano, dadas sus coordenadas en números naturales.
8. Cálculo de distancia.	Determinar la distancia que recorre el robot al ejecutar un programa dado, sabiendo que un cuadrado negro equivale a 100 cm y el blanco 50 cm. Expresar la distancia en metros.	4	Medir longitudes con unidades estandarizadas y realizar transformaciones entre estas unidades en el contexto de la resolución de problemas.

Las actividades propuestas involucraron aprendizajes matemáticos asociados a los ejes temáticos de medición y geometría. Específicamente, se abordaron aprendizajes en torno a la medición de longitudes con unidades estandarizadas, la localización en un mapa, y la identificación y ubicación de puntos en el primer cuadrante del plano cartesiano, correspondientes a cuarto y quinto año de educación básica. A pesar de que el simulador tenía un sensor de ángulo, con lo que se podrían diseñar actividades asociadas al estudio de los ángulos, no se incluyeron actividades de esta temática, así como tampoco actividades en los primeros niveles de enseñanza básica. Estos resultados, coinciden parcialmente con los reportados en la literatura (Zhong y Xia, 2020), en los que la mayoría de las actividades con robots se utilizan principalmente para enseñar y/o aprender gráficos, geometría y álgebra. Posiblemente, la tendencia de actividades propuestas en este estudio asociadas a los ejes de medición y geometría, se deba a que son temáticas fáciles de visualizar directamente en las tareas más comunes que puede realizar un robot asociadas al desplazamiento de un punto a otro, siendo especialmente evidentes en los cursos de cuarto y quinto, sobre todo en un entorno virtual.

Respecto a la pertinencia del problema a resolver, del contenido matemático a abordar, la elección del robot y sus componentes principales, el lenguaje de programación utilizado y las posibles algoritmos o programas que los estudiantes debían desarrollar para dar respuesta al problema, se observó que en el contenido matemático abordado y los posibles algoritmos o programas de respuesta al problema fueron pertinentes con la tarea propuesta. Sin embargo, en lo que respecta al problema a resolver con el robot y la elección de sus componentes principales, 6 de los 8 equipos (75%) lograron desarrollar actividades que cumplían pertinentemente con estas características (ver Tabla 5).

Tabla 5. Frecuencias de la pertinencia en los aspectos evaluados en las actividades propuestas.

<i>Nivel de pertinencia</i>	<i>Problema a resolver</i>	<i>Contenido matemático</i>	<i>Componentes del robot</i>	<i>Posibles algoritmos/programas</i>
Pertinente	75%	100%	75%	100%
Medianamente pertinente	25%	0,0%	12,5%	0,0%
No Pertinente	0,0%	0,0%	12,5%	0,0%
Totales	100%	100%	100%	100%

El problema a resolver y la elección de los componentes del robot fueron considerados como pertinentes en 6 de los 8 escenarios planteados por los futuros profesores (75%). Estos escenarios plantearon un problema que implicaba un desafío para los estudiantes y en el que tenía sentido el uso del robot, sin indicar a los estudiantes las posibles soluciones ni un programa a seguir para realizar la tarea, y a su vez, incorporaron todos los componentes principales necesarios para que el robot ejecutara la tarea propuesta. Por ejemplo, en el escenario 5, los estudiantes debían crear una ruta a seguir por el robot en línea recta dentro de la sala, incluyendo un obstáculo tipo túnel, que concluía con una pila de cuadernos; luego, sin utilizar un objeto de medición, debían calcular la distancia total del camino recorrido. En el escenario 6, por su parte, los estudiantes consideraron “el uso de un robot EVE3, con un sistema de control, actuadores que pueda realizar una trayectoria para llegar a un destino, y un sensor de distancia para detectar objetos que se ubican en el mapa cuadrículado”.

La excepción fue el equipo que diseñó el escenario 2, quienes plantearon un problema medianamente pertinente, que no implicaba un desafío para los estudiantes. Si bien en este caso el uso del robot tenía sentido, se indicaba a los estudiantes cuál era el programa que tenía que ejecutar el robot para realizar la tarea propuesta, en lugar de incentivar a los estudiantes a descubrirlo. Por ejemplo, la actividad solicitaba “programar al robot con la lista de acciones dadas por el docente para cumplir el desafío de dibujar una trayectoria”, para luego, “utilizando una regla medir la longitud del recorrido que realizó el robot dentro de la sala de clases en cm, utilizando la trayectoria ya dada”. Del mismo modo, al describir los componentes de su robot, incluyeron aspectos que no corresponden a componentes principales para la tarea propuesta. En este caso, se evidenció una confusión entre componentes principales al señalar: “dispone de motor, sensores de movimiento, [...] como también las propiedades físicas, por ejemplo: ruedas para facilitar la movilidad”; y elementos del programa: “dispone de [...] ciclos y tiempo de espera”.

En general, los resultados sugieren que, si bien el uso del simulador ha permitido que la mayoría de los participantes puedan desarrollar pertinentemente actividades con robots para promover la resolución de problemas en el aula de primaria, algunos estudiantes no lograron comprender en profundidad los conceptos abordados. Esto puede deberse a las limitaciones del entorno virtual, la extensión de la experiencia y la dificultad que presentan muchos estudiantes en pandemia para participar de clases de forma sincrónica. Nuestros hallazgos, al igual que los obtenidos en estudios similares que utilizan kits físicos de robótica (Jaipal-Jamani y Angeli, 2017; Sisman y Kucuk, 2019), sugieren que las actividades propuestas por los futuros profesores de educación básica que utilizan la robótica educativa para abordar contenido STEM, se estaban desarrollando en direcciones productivas, pero requieren de más trabajo para ser implementadas en el aula. Este hallazgo abre un abanico de posibilidades para la exploración de los efectos del uso de simuladores en el aula cuando no se cuentan con los recursos económicos para desarrollar tales experiencias.

## CONCLUSIONES

Al inicio de la unidad, muchos de los futuros profesores de educación básica consideraban imposible aprender conceptos básicos de robótica en ambientes simulados, sin embargo, terminaron por valorar sus aprendizajes de modo tal, que esta percepción se invirtió en el cierre de la unidad y fueron capaces de desarrollar actividades que promueven, en distintos niveles, la resolución de problemas matemáticos. Se concluye que ambiente simulado proporciona herramientas suficientes para aprender nociones básicas de robótica, sin la necesidad de un kit físico que pueden ser utilizadas con fines didácticos.

## REFERENCIAS

- Arabit, J., y Prendes, M. P., Metodologías y Tecnologías para enseñar STEM en Educación Primaria: análisis de necesidades, <https://doi.org/10.12795/pixelbit.2020.i57.04>, Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación, 57, 107-128 (2020)
- Barrera, N., Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula, Praxis & Saber, ISSN 2216-0159, 6(11), 215-234 (2015)

- Bravo, F. A., y Forero, A., La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales, <https://doi.org/10.14201/eks.9002>, *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 13(2), 120–136 (2012)
- Cabello, S., y Carrera, F.X., Diseño y validación de un cuestionario para conocer las actitudes y creencias del profesorado de educación infantil y primaria sobre la introducción de la robótica educativa en el aula, <https://doi.org/10.21556/edutec.2017.60.871>, *EDUTEC: Revista Electrónica de Tecnología Educativa*, 60 (2017)
- Casado, R., y Checa-Romero, M., Robótica y proyectos STEAM: desarrollo de la creatividad en las aulas de educación primaria, <https://doi.org/10.12795/pixelbit.73672>, *Pixel-Bit: Revista de Medios y Educación*, 58, 51-69 (2020)
- Chalmers, C., Preparing Teachers to teach STEM through robotics, *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, ISSN: 2200-4270, 25(4), 17-31(2017)
- González, J., Estebanell, M., y Peracaula, M., ¿Robots o programación? El concepto de Pensamiento Computacional y los futuros maestros, <https://doi.org/10.14201/eks20181922945>, *Education in the Knowledge Society (EKS)*, 19(2), 29–45 (2018)
- Hepp, P., Merino, M. E., y otros 2 autores, Tecnología robótica en contextos escolares vulnerables con estudiantes de la etnia Mapuche, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07052013000300006>, *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 39(Especial), 75-84 (2013)
- Hernández, R., Fernández, C., y Baptista, M., *Metodología de la Investigación*, 5ª edición, 1- 614, McGraw-Hill, ciudad de México, México (2010)
- Jaipal-Jamani, K., y Angeli, C., Effect of Robotics on Elementary Preservice Teachers' Self-efficacy, Science Learning, and Computational Thinking, <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9663-z>, *Journal of Science Education and Technology*, 26, 175–192 (2017)
- Khanlari, A., Teachers' perceptions of the benefits and the challenges of integrating educational robots into primary/elementary curricula, <https://doi.org/10.1080/03043797.2015.1056106>, *European Journal of Engineering Education*, 41(3), 320-330 (2016)
- Kim, C., Kim, D., y otros 4 autores, Robotics to promote elementary education pre-service teachers' STEM engagement, learning, and teaching, <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.08.005>, *Computers & Education*, 91(Supplement C), 14–31 (2017)
- Kim, C., Yuan, J., y otros 5 autores, Studying the usability of an intervention to promote teachers' use of robotics in STEM education, <http://doi.org/10.1177/0735633117738537>, *Journal of Educational Computing Research*, 56(8), 1179-1212 (2019)
- Kucuk, S., y Sisman, B., Pre-Service Teachers' Experiences in Learning Robotics Design and Programming, <https://doi.org/10.15388/infedu.2018.16>, *Informatics in Education*, 17(2), 301-320 (2018)
- Lancheros, D. J., Diseño e Implementación de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje en la Construcción, Implementación y Manipulación de Robots, <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-50062010000500002>, *Formación Universitaria*, 3(5), 3-8 (2010)
- Moreno, I., Muñoz, L., y 4 otros autores, La robótica educativa, una herramienta para la enseñanza-aprendizaje de las ciencias y las tecnologías, *Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, ISSN 1138-9737, 13(2), 74-90 (2012)
- Schina, D., Esteve-González, V., y Usart, M., An overview of teacher training programs in educational robotics: characteristics, best practices and recommendations, <https://doi.org/10.1007/s10639-020-10377-z>, *Education and Information Technologies*, 26, 2831–2852 (2021)
- Sisman, B., y Kucuk, S., An Educational Robotics Course: Examination of Educational Potentials and Pre-service Teacher's Experiences, *International Journal of Research in Education and Science (IJRES)*, ISSN: 2148-9955, 5(2), 510-53 (2019)
- Tselegkaridis, S., y Sapounidis, T., Simulators in Educational Robotics: A Review, <https://doi.org/10.3390/educsci11010011>, *Education Sciences*, 11(1) (2021)
- Zhong, B., y Xia, L., Systematic Review on Exploring the Potential of Educational Robotics in Mathematics Education, <https://doi.org/10.1007/s10763-018-09939-y>, *International Journal of Science and Mathematics Education*, 18(1), 79-101 (2020)