

www.fisem.org/web/union
<http://www.revistaunion.org>

Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables

Ángel Alsina, Yeni Acosta Inchaustegui

Fecha de recepción: 31/10/2017
 Fecha de aceptación: 11/12/2017

<p>Resumen</p>	<p>El objetivo de este artículo es presentar las primeras orientaciones didácticas para desarrollar el razonamiento algebraico en Educación Infantil a través del pensamiento computacional, usando la robótica como recurso. A partir de los vínculos entre estos aspectos y el análisis de una experiencia con robots educativos programables para trabajar los patrones en 3-4 años, se establecen cinco recomendaciones iniciales en el marco de la educación STEAM: 1) plantear fenómenos relevantes, basados en la resolución de problemas; 2) fomentar procesos de razonamiento mediante buenas preguntas; 3) impulsar la interacción, la negociación y el diálogo; 4) vincular conocimientos de distinta naturaleza; 5) plantear la representación como medio para comprender, estructurar, capturar y transferir conceptos.</p> <p>Palabras clave: razonamiento algebraico, patrones, pensamiento computacional, Educación Infantil</p>
<p>Abstract</p>	<p>The aim of this article is to present some first didactic orientations to develop the algebraic reasoning in Pre-school Education through computational thinking, using robotics as a resource. From the links between these aspects and the analysis of a experience with programmable floor robots to work the patterns in 3-4 years, five initial recommendations are established in the framework of STEAM education: 1) raise relevant phenomena, based on problem solving; 2) encourage reasoning processes through good questions; 3) boost interaction, negotiation and dialogue; 4) link knowledge of a different nature; 5) raise representation as a means to understand, structure, capture and transfer concepts.</p> <p>Keywords: algebraic reasoning, patterns, computational thinking, Pre-school Education.</p>
<p>Resumo</p>	<p>O objetivo deste artigo é apresentar algumas primeiras orientações didáticas para desenvolver o raciocínio algébrico na Educação Infantil através do pensamento computacional, utilizando a robótica como recurso. A partir dos vínculos entre esses aspectos e a análise de uma experiência com robôs educacionais programáveis para trabalhar os padrões em 3-4 anos, cinco recomendações iniciais são estabelecidas</p>

	<p>no âmbito da educação STEAM: 1) criar fenômenos relevantes, com base na resolução de problemas; 2) incentivar os processos de raciocínio através de boas questões; 3) impulsionar interação, negociação e diálogo; 4) relacionar o conhecimento de uma natureza diferente; 5) elevar a representação como um meio para compreender, estruturar, capturar e transferir conceitos.</p> <p>Palavras-chave: raciocínio algébrico, padrões, pensamento computacional, educação infantil.</p>
--	---

1. Introducción

El aprendizaje de los patrones, como un contenido intrínseco del álgebra y como una forma de pensamiento que contribuye al desarrollo de habilidades matemáticas, sigue siendo una temática poco estudiada, sobre todo en la primera infancia (Waters, 2004; Clements y Sarama, 2015). Estamos de acuerdo con Waters (2004) cuando expone y defiende que, desde los momentos tempranos de la primera infancia, el aprendizaje de los patrones se conjura como un elemento fundamental dentro y más allá de los currículos de matemáticas ya que, por ejemplo, ayuda a los alumnos a comprender algunas regularidades de su entorno inmediato y, de forma más genérica, a dar sentido a su mundo cotidiano. Por esta razón, *The National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) de Estados Unidos señala que es necesario que el profesorado de las primeras edades ponga al alcance de los alumnos de Educación Infantil entornos y oportunidades de aprendizaje que permitan explorar ideas matemáticas vinculadas a los patrones (NCTM, 2003).

Alsina (2012a, 2014) indica que estos entornos y oportunidades de aprendizaje de las matemáticas deberían ser globalizados, interdisciplinarios, flexibles y orientados a aprender desde la acción y desde la resolución creativa de problemas. En esta línea, desde el marco de la educación STEAM, la Unión Europea ha empezado también a resaltar la idea de favorecer el aprendizaje del conocimiento matemático y/o científico a través del trabajo conjunto de diversas disciplinas. Este planteamiento educativo, que proviene del enfoque STEM difundido a través del conocido informe Rocard (Rocard et al., 2007), es el acrónimo de *Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics* y, de acuerdo con sus impulsores, contribuye a conseguir una mayor competitividad y, por consiguiente, en el futuro ayudará a alcanzar una prosperidad económica superior y es un claro índice de la capacidad de un país para mantener un crecimiento sostenido.

Con base a estas consideraciones, el propósito de este artículo es ofrecer algunas orientaciones al profesorado de Educación Infantil para desarrollar el razonamiento algebraico a través del pensamiento computacional, usando la robótica como medio. Por lo tanto, nos situamos en un nuevo escenario educativo en el que los alumnos se inician en el mundo de la programación (Berry, 2013), con el objeto de crear las bases que permitirán la articulación de conocimientos matemáticos y

habilidades computacionales más complejas en etapas posteriores. Para llevar a cabo este reto, asumimos las ideas planteadas por de Guzmán (2001, p. 10) acerca del papel de la educación matemática en la sociedad computarizada:

En nuestro ambiente contemporáneo, con una fuerte tendencia hacia la deshumanización de la ciencia, a la despersonalización producida por nuestra cultura computarizada, es cada vez más necesario un saber humanizado en que el hombre y la máquina ocupen cada uno el lugar que le corresponde. La educación matemática adecuada puede contribuir eficazmente en esta importante tarea.

Desde este punto de vista, en la primera parte del artículo se realiza una breve caracterización acerca del razonamiento algebraico, así como del pensamiento computacional, para posteriormente poder establecer algunos vínculos entre ambos constructos. En la segunda parte se describe una experiencia de aula para alumnos de 3-4 años en la que, con la ayuda de los robots educativos programables, los alumnos se inician en el aprendizaje de los patrones a la vez que, como se ha indicado, se adentran en el mundo de la robótica y se empiezan a familiarizar con acciones vinculadas a la programación.

2. Razonamiento algebraico y pensamiento computacional: caracterización y vínculos

La investigación en educación matemática proporciona, entre otros aspectos, evidencias que facilitan la comprensión de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas para así poder ofrecer y articular propuestas curriculares capaces de suscitar conocimientos más profundos. Estamos de acuerdo con de Guzmán (2001) cuando expone que “nuestra enseñanza ideal debería tratar de reflejar este carácter profundamente humano de la matemática, ganando con ello en asequibilidad, dinamismo, interés y atractivo” (p. 9). Para fundamentar esta idea, en este apartado se abordan tres aspectos interrelacionados: a) se caracteriza el razonamiento algebraico como un conjunto de conocimientos necesarios para poder organizar el mundo que nos rodea (Clements y Sarama, 2015); b) se caracteriza el pensamiento computacional como una herramienta eficaz para trabajar conocimientos matemáticos (Papert, 1985); c) se establecen algunos vínculos entre el razonamiento algebraico y el pensamiento computacional con el propósito de ofrecer algunas orientaciones didácticas.

2.1. El razonamiento algebraico

Este tipo de razonamiento se refiere a una forma de pensar que supone establecer generalizaciones y regularidades en diversas situaciones matemáticas. Para Godino y Font (2003):

A medida que se desarrolla este razonamiento, se va progresando en el uso del lenguaje y el simbolismo necesario para apoyar y comunicar el pensamiento algebraico [...] Este tipo de razonamiento está en el corazón de las matemáticas concebido como la ciencia de los patrones y el orden, ya que es difícil encontrar un área de las matemáticas en la que formalizar y generalizar no sea central. (p. 774).

Desde esta óptica, apostamos por un tratamiento y fomento de este tipo de razonamiento durante los primeros años de escolarización, ya que diversas investigaciones sobre el desarrollo infantil constatan que “[...] los niños pequeños son alumnos capaces y la experiencia educativa durante la Educación Infantil puede tener un impacto positivo en el aprendizaje escolar” (Bowman, Donovan y Burns, 2001, p. 23).

En relación con los conocimientos algebraicos que los alumnos son capaces de aprender, el NCTM (2003, p. 402) establece los siguientes estándares para la etapa *Pre-K-2* (3 a 8 años de edad aproximadamente):

- Comprender patrones, relaciones y funciones: seleccionar, clasificar y ordenar objetos por el tamaño, la cantidad y otras propiedades; reconocer, descubrir y ampliar patrones tales como secuencias de sonidos y formas o sencillos patrones numéricos, y pasar de una representación a otra; analizar cómo se generan patrones de repetición y de crecimiento
- Representar y analizar situaciones y estructuras matemáticas utilizando símbolos algebraicos: ilustrar los procesos generales y las propiedades de las operaciones, como la conmutatividad, usando números; usar representaciones concretas, pictóricas y verbales para desarrollar la comprensión de notaciones simbólicas inventadas y convencionales.
- Usar modelos matemáticos para representar y comprender relaciones cuantitativas: modelizar situaciones relativas a la adición y sustracción de números naturales, utilizando objetos, dibujos y símbolos.
- Analizar el cambio en contextos diversos: describir cambios cualitativos, como “ser más alto”; describir cambios cuantitativos, como el aumento de estatura de un alumno en dos pulgadas en un año.

Más adelante, esta misma asociación de profesores establece los siguientes puntos focales para alumnos de 3-4 años (NCTM, 2006, p. 24):

- Ordenar, clasificar y ordenar objetos por tamaño, cantidad, y otras propiedades.
- Reconocer, describir y ampliar patrones tales como secuencias de sonidos y formas o patrones numéricos simples y transferir de una representación a otra.
- Analizar cómo se generan y crecen dos patrones que se repiten.
- Utilizar representaciones concretas, pictóricas y verbales para desarrollar una comprensión de notaciones simbólicas inventadas y convencionales.
- Describir cambios cualitativos.

Como puede apreciarse, en ambos casos el aprendizaje de los patrones tiene un papel relevante ya que contribuyen a que los niños sean capaces de reconocer, ordenar y organizar su mundo, al haberse demostrado que el reconocimiento, la comparación y el análisis de patrones son factores que determinan y favorecen el desarrollo intelectual de los pequeños (NCTM, 2003).

Posteriormente, Clements y Sarama (2015, p. 314), indican que "crear patrones es buscar regularidades y estructuras matemáticas [...] los patrones son más que un contenido: son un proceso, un dominio de estudio y un hábito de la mente". Ello sugiere que debería articularse un tratamiento minucioso por parte del profesorado de Educación Infantil para que a partir de buenas preguntas y propuestas adecuadas se pueda ayudar a los alumnos a hacer generalizaciones y a poner en práctica y desarrollar, paulatinamente, el pensamiento algebraico.

Desde una perspectiva genérica, *The National Association for the Education of Young Children* (NAEYC) de Estados Unidos junto con el NCTM recomiendan que para fomentar el aprendizaje de las matemáticas en las primeras edades es imprescindible “utilizar currículos y prácticas docentes que fortalezcan los procesos infantiles de resolución de problemas y razonamiento, así como los de representación, comunicación y conexión de ideas matemáticas” (NAEYC y NCTM, 2013, p. 4). En la tabla 1 se exponen los estándares de procesos matemáticos (NCTM, 2003):

Resolución de problemas	<p>Construir nuevo conocimiento matemático por medio de la resolución de problemas.</p> <p>Resolver problemas que surgen de las matemáticas y de otros contextos.</p> <p>Aplicar y adaptar una variedad de estrategias apropiadas para resolver problemas.</p> <p>Controlar el proceso de resolver problemas matemáticos y reflexionar sobre él. (p. 55)</p>
Razonamiento y prueba	<p>Reconocer el razonamiento y la prueba como aspectos fundamentales de las matemáticas.</p> <p>Hacer e investigar conjeturas matemáticas.</p> <p>Desarrollar y evaluar argumentos y pruebas.</p> <p>Seleccionar y usar varios tipos de razonamientos y métodos de prueba. (p. 59)</p>
Comunicaciones	<p>Organizar y consolidar su pensamiento matemático mediante la comunicación.</p> <p>Comunicar su pensamiento matemático de manera coherente y clara a los compañeros, profesores y otras personas.</p> <p>Analizar y evaluar el pensamiento matemático y las estrategias de los demás.</p> <p>Usar el lenguaje de las matemáticas para expresar ideas matemáticas de forma precisa. (p. 64)</p>
Conexiones	<p>Reconocer y usar conexiones entre las ideas matemáticas.</p> <p>Comprender cómo se relacionan las ideas matemáticas y se organizan en un todo coherente.</p> <p>Reconocer y aplicar las ideas matemáticas en contextos no matemáticos. (p. 68)</p>
Representaciones	<p>Crear y usar representaciones para organizar, registrar, y comunicar ideas matemáticas.</p> <p>Seleccionar, aplicar y traducir representaciones matemáticas para resolver problemas.</p> <p>Usar representaciones para modelizar e interpretar fenómenos físicos, sociales y matemáticos. (p. 71)</p>

Tabla 1. Estándares de procesos matemáticos. (NCTM, 2003)

Estos procesos matemáticos se consolidan como las herramientas que vehiculan la adquisición y uso de los contenidos matemáticos, siempre y cuando sean abordados desde experiencias educativas bien diseñadas (Alsina, 2012b, 2014; NAEYC y NCTM, 2013). Por esta razón, apostamos por abordar el trabajo de los patrones utilizando de manera transversal los procesos de pensamiento matemático descritos.

2.2. El pensamiento computacional

A partir de las ideas de Papert, Wing (2006, p. 33) introdujo y desarrolló el término de pensamiento computacional como “una habilidad fundamental para todos, no solo para los informáticos. Para la lectura, la escritura y la aritmética, deberíamos promover el pensamiento computacional en la capacidad analítica de cada niño”. Unos años después, Valverde-Berrocoso, Fernández-Sánchez, Garrido-Arroyo (2015, p. 4) indican que,

[...] es una competencia básica que todo ciudadano debería conocer para desenvolverse en la sociedad digital, pero no es una habilidad “rutinaria” o “mecánica”, ya que es una forma de resolver problemas de manera inteligente e imaginativa [...] además posee las características de combinar abstracción y pragmatismo, ya que se fundamenta en las matemáticas.

En este escenario, la escuela debe adoptar un papel crucial en la vinculación de propuestas curriculares enmarcadas en contextos de enseñanza-aprendizaje que favorezcan el desarrollo del pensamiento computacional. De acuerdo con Valverde-Berrocoso et al., (2015)

Partiendo de la misma visión de unos sistemas educativos que no satisfacen las necesidades de una sociedad digital, las soluciones pasan por incorporar nuevas metodologías en el proceso de enseñanza-aprendizaje y modificar sustancialmente el modelo organizativo de las instituciones educativas. (p. 3)

Este sin duda es uno de los grandes retos de la escuela contemporánea. Por tanto es necesario reivindicar que “lo verdaderamente importante vendrá a ser su preparación para el diálogo inteligente con las herramientas que ya existen, de las que algunos ya disponen y otros van a disponer en un futuro que ya casi es presente” (de Guzmán, 2001, p. 9). En este sentido, el pensamiento computacional puede aportar un escenario educativo que conduzca a nuevos fenómenos con soporte digital, nuevas prácticas disciplinares (modelización) y nuevas perspectivas epistémicas. Por esta razón, en los últimos años diversos gobiernos han empezado a introducir la programación como parte de sus currículos desde los primeros niveles de escolarización, como es el caso de Bulgaria, Chipre, Dinamarca, Estonia, Grecia, Irlanda, Polonia, Portugal o el Reino Unido, como herramienta para desarrollar el pensamiento computacional (Calao, Moreno-León, Correa, Robles, 2015).

Para valorar, promover e implementar este el pensamiento computacional en la educación, la *International Society for Technology in Education* (ISTE) y la *Computer Science Teachers Association* (CSTA) describen los rasgos esenciales de este tipo de pensamiento. En la tabla 2 se describen las particularidades de este pensamiento:

	HABILIDADES	ACTITUDES
Pensamiento computacional	Formular problemas de manera que nos permita usar una computadora y otras herramientas para encontrar la solución.	Confianza en el manejo de la complejidad.
	Organizar y analizar lógicamente datos.	Persistencia en el trabajo con problemas difíciles.
	Representar datos a través de abstracciones, como modelos y simulaciones.	Tolerancia a la ambigüedad.
	Automatizar soluciones a través del pensamiento algorítmico, es decir, mediante la secuenciación de pasos ordenados.	Capacidad para tratar con problemas abiertos.
	Identificar, analizar e implementar posibles soluciones con el objetivo de conseguir el más eficiente.	Capacidad de comunicarse y trabajar con otros para lograr un objetivo o solución común.
	Generalizar y transferir este proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de problemas.	

Tabla 2. Habilidades y actitudes que configuran el pensamiento computacional. (ISTE y CSTA, 2011, p. 13)

Desde esta óptica, y de acuerdo con Zapata-Ros (2015), abogamos por una intervención adaptada a los alumnos de las primeras edades que permita fomentar las habilidades implícitas en el pensamiento computacional, poniendo especial énfasis en las actitudes expuestas anteriormente.

2.3. Primeros vínculos entre el razonamiento algebraico y el pensamiento computacional

En el entramado de la caracterización del razonamiento algebraico y del pensamiento computacional se desprenden una serie de procesos, habilidades y actitudes que se complementan y vinculan en el transcurso de la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas a través de la tecnología, considerando la metodología STEAM en la que se fundamenta nuestro trabajo. Observamos que desde la educación matemática se plantea el trabajo de los contenidos a través de la resolución de problemas, del razonamiento y la prueba, poniendo énfasis en la comunicación, las conexiones y la representación; y desde el pensamiento computacional encontramos también puntos convergentes que se pueden vincular con la finalidad de enriquecer y propiciar prácticas matemáticas más eficaces. Desde esta perspectiva, establecemos inicialmente cinco vínculos entre ambos constructos:

1. La resolución de problemas es una parte integral de las matemáticas y también del pensamiento computacional que permite construir conocimiento a partir de la formulación, la reflexión, la aplicación y adaptación de estrategias que contribuyan a encontrar soluciones que fomenten ciertas actitudes y capacidades desde el marco de la persistencia y la confianza. En este sentido, la educación STEAM

aporta fenómenos relevantes para trabajar el razonamiento algebraico a través del pensamiento computacional.

2. El razonamiento y la prueba fomenta la comprensión y uso eficaz de estrategias matemáticas para formular conjeturas, investigar y llegar a refutar o validar hipótesis a través de diversos tipos de razonamiento y métodos de prueba que permitan identificar, analizar e implementar soluciones pertinentes. Asimismo, el pensamiento computacional contribuye a organizar y analizar los datos de forma lógica. Desde este prisma, la educación STEAM permite desarrollar formas de pensar y de razonar de las que se puede nutrir tanto el razonamiento algebraico como el pensamiento computacional.
3. La comunicación permite organizar y estructurar el pensamiento mediante la interacción, la negociación y el diálogo como herramientas para analizar, evaluar y expresar ideas haciendo uso de un lenguaje conciso y coherente -tanto entre el grupo de iguales como con los docentes- con la finalidad de trabajar en el cumplimiento de un objetivo común. La metodología STEAM es un claro ejemplo de ello, en la que converge el uso de lenguaje algebraico y lenguajes computacionales.
4. Las conexiones matemáticas, por su parte, impulsan el reconocimiento y uso interrelacionado de las ideas matemáticas desde una perspectiva que facilite una comprensión, automatización y organización coherente que sea también aplicable en ámbitos no matemáticos. Por otro lado, el pensamiento computacional ayuda a generalizar y transferir el proceso de resolución de problemas a una amplia variedad de situaciones. De esta manera, pues, desde la educación STEAM se refuerza la capacidad de vincular conocimientos para abordar de una forma flexible e interdisciplinar una situación determinada.
5. La representación consiste en crear y usar representaciones con la finalidad de comprender, estructurar, capturar y transferir conceptos o relaciones teniendo como habilidad la predisposición para organizar de manera lógica los datos. En este sentido, como ya se ha indicado, en la metodología STEAM convergen representaciones de naturaleza algebraica y representaciones de naturaleza computacional.

En síntesis, los procesos matemáticos -expuestos en la tabla 1- se retroalimentan de las habilidades y actitudes computacionales -presentadas en la tabla 2-, confiriendo así un carácter que se fundamenta más desde el ámbito procedimental que conceptual. Tal como expone Alsina (2014), se debe insistir en la fehaciente necesidad de formular buenas praxis y preguntas que favorezcan los procesos de interacción, negociación y diálogo en el aula de matemáticas. También remarca la importancia de una enseñanza de las matemáticas basada en la resolución de problemas para promover los procesos de pensamiento y aprendizaje en una sociedad digital flagrante y volátil. Por lo tanto, no hay metodología contemporánea posible que no contemple el aprendizaje desde la acción: “se aprende a resolver problemas haciendo, manipulando, simulando, discutiendo, compartiendo,

imaginando, observando, visualizando, etc.” (Alsina, 2014, p. 8). Es por esta razón que en la experiencia que se describe a continuación hemos querido aprovechar y trabajar de manera transversal la adquisición de las primeras nociones de patrón y secuenciación a través del enriquecimiento y vinculación que yace entre las particularidades del pensamiento computacional y algebraico, en el marco de la educación STEAM.

3. Contextualización, diseño y análisis de una experiencia STEAM: patrones con robots educativos programables.

La propuesta se desarrolla en un grupo de 24 alumnos (12 niños y 12 niñas) de 3-4 años de una escuela pública de Girona, España. La media de edad es de 3 años y 7 meses, y en general presentan capacidades y habilidades adecuadas a su edad.

Las programaciones de aula se enmarcan en una metodología basada en proyectos en la que el alumno es el protagonista de sus descubrimientos, de manera que se priorizan los momentos de exploración, manipulación y experimentación. Para fomentar el aprendizaje de los patrones, se sigue el siguiente itinerario didáctico:

- a) Identificar patrones simples.
- b) Iniciarse en la construcción de seriaciones que siguen un patrón simple.
- c) Anticipar acciones a partir de la identificación de una determinada secuencia.
- d) Leer y representar el patrón.

Para la recogida de datos se utilizan de manera combinada las notas de campo y la documentación pedagógica. Las notas de campo nos han permitido conservar expresiones, razonamientos y diálogos de los alumnos durante las propuestas educativas llevadas a cabo. La documentación pedagógica, contemplada tanto desde el marco fotográfico como desde el registro audiovisual de las sesiones, nos ha facilitado el análisis en diferido del proceso y desarrollo de las actividades, para así interpretar, confrontar y dejar constancia gráfica de las acciones que han protagonizado los alumnos.

A continuación, detallamos las tres sesiones que se llevaron a cabo con los robots educativos programables con el fin de acercar a los niños al mundo de la robótica a partir de la programación de acciones que siguen un proceso secuencial. En este sentido toma especial relevancia el uso de determinadas estrategias matemáticas para conseguir un reto determinado, como la ejecución del patrón AAB (adelante-adelante-pausa) para ayudar a la abeja en su tarea de recogida del néctar.



Figura 1. Material utilizado para las sesiones: Robots educativos programables, tarjetas de instrucciones y tablero de elaboración propia con el recorrido objetivo.

Sesión 1: “Descubrimos los robots”

Llegan a la clase los robots educativos programables (*Bee-bots*), se presenta el material y se explican las acciones que pueden hacer las abejas a partir de las tarjetas de instrucción. Seguidamente, por parejas, se invita a los alumnos a explorar y familiarizarse con el material, como se aprecia en la figura 2.



Figura 2. Explorando libremente las acciones de las órdenes introducidas en los robots



Figura 3. ¡Mira, pasa por un puente!



Figura 4. Yo apreté muchas veces la flecha –refiriéndose a uno de los comandos del robot- y ahora también pasa por un puente.



Figuras 5 y 6. N1: ¡Que no se escape!
N2: Se irá volando.
N1: No, no puede volar, no tiene alas.

Durante esta sesión primera sesión se ha podido observar que los alumnos han ido explorando de manera autónoma el material puesto a su alcance: sus características, su funcionamiento, etc. A través de esta exploración libre se ha constatado que, ante el reto propuesto, los alumnos comprobaban sus hipótesis y conjeturas acerca del funcionamiento de los robots a través del ensayo y error, iniciándose en el uso del lenguaje computacional para comunicar sus propias conclusiones (figuras 3 a 6). En algunos casos, se han apreciado también algunas conexiones de tipo simbólico relacionadas con su entorno cercano.

Sesión 2: “Ayudamos a los robots a desplazarse”

Se agrupan los alumnos por parejas y forman 6 equipos. Una vez que ya conocen el funcionamiento de los robots, se presenta a los alumnos un tablero

formado por 7 casillas para hacer un recorrido con las abejas: en la primera casilla hay una flor, en la segunda no hay nada, en la tercera hay de nuevo una flor, y así sucesivamente hasta llegar a la última casilla. El propósito es que deben pensar las instrucciones adecuadas para hacer una parada en cada flor y conseguir que la abeja se desplace hasta el otro extremo del tablero.

En primer lugar los alumnos hacen de robot con el objetivo de interiorizar el patrón de manera vivencial y posteriormente se establece un diálogo para fomentar el uso de lenguaje tanto algebraico como computacional. Entre todos se pacta que se debe introducir el patrón AAB (dos movimientos adelante-pausa).

Seguidamente ejecutan la acción. Como se ha indicado, trabajan por parejas y cuando la abeja llega a una flor, el compañero borra las órdenes introducidas, coge la abeja, la coloca en la colmena y la programa nuevamente siguiendo el patrón.

Durante toda la sesión, el docente fomenta, a través de buenas preguntas, el diálogo y la co-autoevaluación sobre las órdenes introducidas. En las figuras 7, 8 y 9 se muestran algunas evidencias en forma de transcripción.



Figura 7. Maestra: ¿Cuántas veces tenemos que marcar la tecla "pausa"?

L: Tres veces

Maestra: ¿Y por qué 3 veces? -pregunta la maestra-

L: Porque hay 1, 2 y 3 flores.



Figura 8. N: ¡La abeja se paró en las tres flores!
Maestra: ¿Y cómo lo conseguisteis?
N: Apretando adelante-adelante-pausa muchas veces.



Figura 9. Maestra: ¿Qué ha pasado?
N1: No se paró en la flor...
N2: Es que si no borramos primero no sale bien. –Refiriéndose a que es necesario borrar las órdenes anteriores cuando se desean introducir nuevas-

Después de analizar la segunda sesión destacamos como, en un marco de resolución de problemas, y a través de la formulación de buenas preguntas, es decir, de interrogantes que suscitan respuestas que vayan más allá de la dicotomía del sí y del no, los alumnos reflexionan sobre la situación y resuelven el problema usando estrategias matemáticas. De esta manera los alumnos van ganando en confianza y seguridad para comunicar sus acciones tanto a sus compañeros como al docente, iniciándose en el uso de lenguaje tanto algebraico como computacional (por ejemplo: “adelante-adelante-pausa muchas veces”). Este hecho favorece el desarrollo de las capacidades de los alumnos y fomenta la participación y construcción cooperativa del conocimiento.

Sesión 3: “Dibujamos el camino”

La intención de esta última sesión es que los alumnos representen en un papel el desplazamiento realizado por las abejas en el tablero durante la sesión anterior. Para ayudarles a recordar dichos desplazamientos, en primer lugar, se inicia un diálogo con los alumnos y después todos juntos recordamos, a través de una grabación audiovisual, el recorrido que hacían los robots con las órdenes que los mismos alumnos introdujeron. Finalmente, ponemos a su alcance material para representar la seriación a partir de la técnica de estampación (figuras 10 y 11).



Figura 10. ¡Dos pasos hacia adelante ahora toca este! -Refiriéndose a la flor-

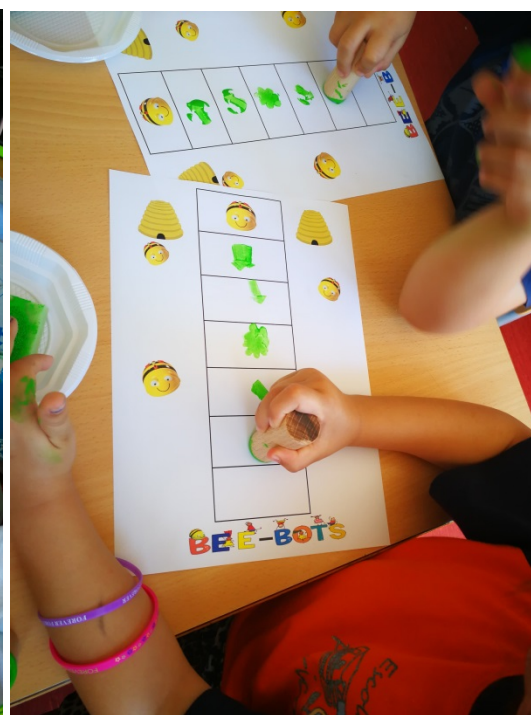


Figura 11. Un, dos, flor, un, dos... y después flor.

En esta sesión se ha puesto de manifiesto cómo los alumnos han sido capaces de iniciarse en la representación y validarla como un proceso que contribuye a organizar y comunicar ideas matemáticas.

El análisis posterior de las representaciones que han realizado los 22 alumnos nos ha permitido observar que el 41% de los participantes realizaron correctamente la representación, un 27% la ejecutó de manera incorrecta y un 32% con algún error. Estos datos evidencian que, en general, los alumnos de 3-4 años tienen dificultades para representar una acción abstracta en diferido.

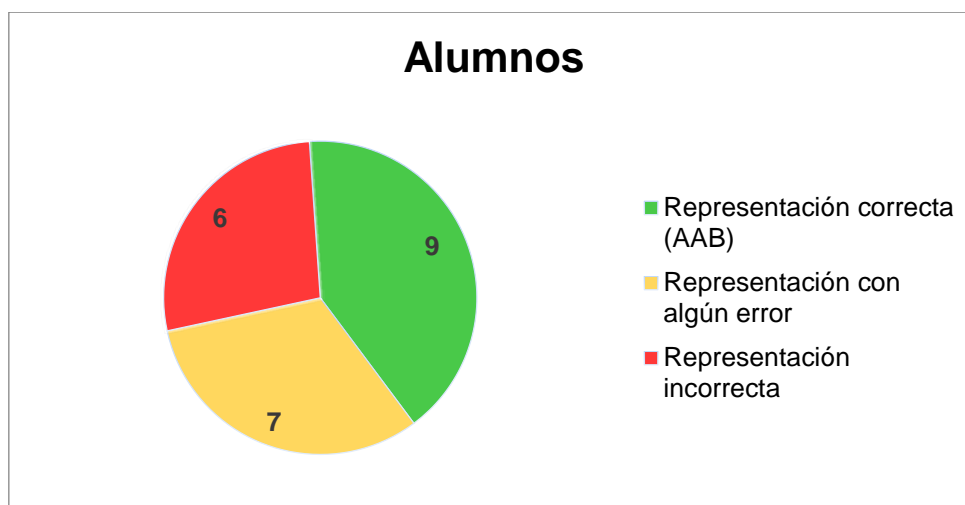


Figura 12. Diagrama circular sobre el trabajo de estampación realizado por los niños

4. Consideraciones finales

El objetivo de este trabajo ha consistido en aportar unas primeras orientaciones didácticas que contribuyan a desarrollar el razonamiento algebraico en las primeras edades a través del pensamiento computacional, en el marco de una educación STEAM.

A través de una experiencia con robots educativos programables, un grupo de alumnos de 3-4 años se ha iniciado en el aprendizaje de los patrones de repetición mediante la robótica y con acciones vinculadas a la programación (Berry, 2013), en sintonía con una de las últimas tendencias en el panorama educativo, que consiste en introducir la programación como parte del currículo desde los primeros niveles educativos como herramienta para desarrollar el pensamiento computacional (Calao et al., 2015).

A lo largo del artículo hemos puesto de manifiesto que el razonamiento algebraico y el pensamiento computacional guardan una estrecha relación, ya que ambos constructos comparten algunos rasgos fundamentales para el desarrollo intelectual de las personas. Por un lado, el reconocimiento, la comparación y el análisis de patrones contribuye a describir regularidades y, de modo más genérico, a reconocer, ordenar y organizar el mundo (NCTM, 2003). Por otro lado, el pensamiento computacional ayuda a comprender el comportamiento humano (Wing, 2006).

Dado el potencial de ambos aspectos, abogamos por una incorporación progresiva de este tipo de prácticas interdisciplinares en las que se fomenta el desarrollo del pensamiento matemático y computacional a través de la programación, usando una diversidad de recursos en función de la edad como robots educativos programables, *Scratch*, etc. Como se ha indicado, son diversos los países que han empezado a apuntar en esta dirección incorporando la programación en los currículos desde las primeras edades, pero esta tendencia sin duda debe ir acompañada de orientaciones didácticas específicas que faciliten al profesorado llevar a cabo este tipo de prácticas.

En este sentido, el análisis de los vínculos entre ambos tipos de pensamiento nos ha permitido establecer unas primeras cinco recomendaciones para el profesorado de Educación Infantil:

1. Plantear fenómenos relevantes, basados en la resolución de problemas, para fomentar el aprendizaje de los patrones y el desarrollo del pensamiento computacional. A partir de la descripción de la experiencia de los robots educativos programables hemos visto cómo, al introducir códigos secuenciados que acaban ejecutando una orden determinada, los alumnos aprenden a identificar regularidades de una manera que trasciende desde el campo concreto al abstracto.
2. Fomentar procesos de razonamiento mediante el planteamiento de buenas preguntas de las que se puede nutrir tanto el razonamiento algebraico como el

pensamiento computacional. De acuerdo con Alsina (2014), “cuando un niño argumenta críticamente el proceso de resolución y la solución de una situación, usando su propio lenguaje o bien otros recursos, estructura su pensamiento a la vez que muestra y va desarrollando su capacidad de razonar” (p. 11). En nuestro caso, por ejemplo, hemos visto como algunos alumnos han sido capaces de argumentar de forma adecuada las órdenes que debían darse para conseguir que las abejas se desplazaran en el tablero de acuerdo con la consigna dada.

3. Impulsar la interacción, la negociación y el diálogo en un marco de comunicación en el aula de matemáticas para dar sentido al uso tanto del lenguaje matemático como de los lenguajes computacionales. En la experiencia descrita los alumnos han empezado a usar lenguaje asociado al razonamiento algebraico y al pensamiento computacional, que se ha ido perfeccionando en las distintas sesiones: mientras que en la sesión 1 (de descubrimiento del material) apenas surgen nociones vinculadas a ambos aspectos, salvo en contadas excepciones (por ejemplo “apreté muchas veces la flecha”, refiriéndose a uno de los comandos), en la segunda sesión aparecen diversas evidencias de ambos tipos de lenguaje (“adelante-adelante-pausa muchas veces”; etc.).
4. Vincular conocimientos de distinta naturaleza para abordar de una forma flexible e interdisciplinar una situación determinada. En el caso de las *Bee-bots*, el reconocimiento y uso interrelacionado del patrón AAB desde una perspectiva que facilita la comprensión, automatización y organización coherente, puede haber contribuido a que los alumnos lo apliquen posteriormente a otros ámbitos, a pesar de que hasta el momento no hemos obtenido evidencias en este sentido.
5. Plantear la representación como medio para comprender, estructurar, capturar y transferir conceptos o relaciones. En la experiencia descrita, por ejemplo, la representación ha permitido a los alumnos empezar a conquistar progresivamente lo simbólico -lenguaje escrito- a partir de lo concreto -situaciones reales- (Alsina, 2014). Además, han exteriorizado su grado de comprensión, lo cual ha permitido constatar que los alumnos de 3-4 años presentan todavía algunas dificultades para representar el recorrido realizado por las abejas, puesto que menos de la mitad de los alumnos (41%) han representado correctamente dicho itinerario. Ello invita a pensar que en estas edades puede ser adecuado fomentar también otros tipos de representaciones de naturaleza más oral, asumiendo que en general tienen mayores habilidades en este sentido.

En próximos estudios será necesario diseñar nuevas prácticas en el marco de la metodología STEAM que permitan ir concretando y ampliando las orientaciones didácticas descritas, a la vez que se analice mediante diseños de investigación adecuados cómo dichas prácticas abordan el desarrollo del pensamiento matemático y computacional, dado su relevante papel en el desarrollo intelectual de los alumnos de las primeras edades de escolarización.

Bibliografía

- Alsina, Á. (2012a). Hacia un enfoque globalizado de la educación matemática en las primeras edades. *Números*, 80, 7-24.
- Alsina, Á. (2012b). Más allá de los contenidos, los procesos matemáticos en Educación Infantil. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 1(1), 1-14.
- Alsina, Á. (2014). Procesos matemáticos en Educación Infantil: 50 ideas clave. *Números*, 86, 5–28.
- Berry, M. (2013). *Computing in the National Curriculum: a guide for primary teachers*. Bedford, UK: Computing at School. Recuperado de: <http://www.computingatschool.org.uk/data/uploads/CASPrimaryComputing.pdf>
- Bowman, B.T., Donovan, M.S., Burns, M.S. (2001). *Eager to learn: Educating our preschoolers*. Washington, DC: National Academy Press.
- Calao, L. A., Moreno-León, J., Correa, H. E., Robles, G. (2015). *Developing mathematical thinking with Scratch. Design for teaching and learning in a networked world* (pp. 17-27). Springer International Publishing.
- Clements, D., Sarama, J. (2015). *El aprendizaje y la enseñanza de las matemáticas a temprana edad*. Gran Bretaña: Learning Tools LLC.
- de Guzmán, M. (2001). Tendencias actuales de la educación matemática. *Sigma*, 19, 5-25.
- Godino, J., Font, V. (2003). *Razonamiento algebraico y su didáctica para maestros*. Granada: Universidad de Granada. Recuperado de: https://www.ugr.es/~jgodino/edumat-maestros/manual/7_Algebra.pdf
- ISTE, CSTA (2011). Computational Thinking: leadership toolkit. Recuperado de: <https://c.ymcdn.com/sites/www.csteachers.org/resource/resmgr/471.11CTLeadershipToolkit-S.pdf>
- NAEYC, NCTM (2013). Matemáticas en la Educación Infantil: Facilitando un buen inicio. Declaración conjunta de posición. *Edma 0-6: Educación Matemática en la Infancia*, 2(1), 1-23.
- NCTM (2003). *Principios y estándares para la educación matemática*. Sevilla: Sociedad Andaluza de Educación Matemática Thales.
- NCTM (2006). *Curriculum Focal Points for Prekindergarten through Grade 8 Mathematics: a quest for coherence*. Reston, VA.: National Council of Teachers of Mathematics.

Papert, S. (1985). Different visions of logo. *Computers in the Schools. Interdisciplinary Journal of Practice, Theory, and Applied Research*, 2(2-3), 3-8.

Rocard, M. (2007). *Science education NOW: A renewed pedagogy for the future of Europe*, Bruselas: European Commission. Recuperado de: http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-onscience-education_en.pdf

Valverde-Berrocoso, J., Fernández-Sánchez, M.R., Garrido-Arroyo, M.C. (2015). El pensamiento computacional y las nuevas ecologías del aprendizaje. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 46(3), 1-18. Waters (Fox), J. (2004). A Study of mathematical patterning in early childhood settings. En I. Putt, y M. Rhonda (Eds.), *Proceedings Mathematics education for the 3rd millennium: Towards 2010. The 27th Annual Conference of the Mathematics Education Research Group of Australasia 2*, (pp. 321-328). Townsville, Queensland, Australia.

Wing, J. (2006). Computational Thinking: It represents a universally applicable attitude and skill set everyone's, not just computer scientists, would be eager to learn and use. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED, Revista de Educación a Distancia*, 46, 1-47.

Autores:

Primer autor: Alsina, Ángel: **Profesor de Didáctica de las Matemáticas en la Universidad de Girona (España)**. Sus líneas de investigación están centradas en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas en las primeras edades y en la formación del profesorado de matemáticas. Ha publicado numerosos artículos científicos y libros sobre cuestiones de educación matemática, y ha llevado a cabo múltiples actividades de formación permanente del profesorado de matemáticas en España y en América Latina. Email: angel.alsina@udg.edu

Segundo autor: Acosta Inchaustegui, Yenisel: **Máster en Atención a la Diversidad en una Educación Inclusiva. Miembro del Grupo de Investigación "Educación, Infancia y Conexiones" de la Universidad de Girona. Graduada en Maestra de Educación Infantil con mención de "Expresiones y ambientes en la Escuela Infantil"**. Email: yeni.acosta@udg.edu