

## **APRENDIENDO CON ROBOTS EN EDADES TEMPRANAS**

Ramón Cózar Gutiérrez  
Ramon.Cozar@uclm.es

José Antonio González-Calero Somoza  
Jose.GonzalezCalero@uclm.es

José Miguel Merino Armero  
JoseMiguel.Merino@uclm.es

Rafael Villena Taranilla  
Rafa.VillenaTaranilla@gmail.com

LabinTic. Laboratorio de integración de las TIC en el aula  
Facultad de Educación de Albacete – Universidad de Castilla-La Mancha  
Plaza de la Universidad, nº 3, 02071. Albacete (España)

## **Resumen**

La robótica y el pensamiento computacional son tendencias educativas cada vez más interesantes, ya que actualmente se piensa que la próxima generación necesitará dominarlas para poder vivir conforme a los requerimientos de la sociedad futura. Su introducción en el aula desde edades tempranas es un elemento clave que está condicionado por el uso e interacción con el robot en el proceso educativo. Esta investigación se desarrolla desde un planteamiento transversal, en el que el robot se convierte en una herramienta activa para que los estudiantes aprendan contenidos propios del currículo oficial de diferentes disciplinas, a la vez que desarrollan otro tipo de competencias transversales, como el pensamiento computacional. Se presentarán los resultados de una intervención en la que se han repartido entre grupo control y experimental, 142 alumnos de 7-8 años de 5 colegios de Castilla-La Mancha (España) que han trabajado en la realización de tareas de interpretación de planos ligadas a aprendizajes curriculares de las áreas de Matemáticas y Ciencias Sociales, mediante la programación de pequeños robots sigue-líneas. Para evaluar el efecto de la intervención se realizaron pre y pos-test con instrumentos validados para medir la orientación espacial, el pensamiento computacional y la motivación de los alumnos participantes en el estudio.

**Palabras clave:** robótica educativa, orientación espacial, pensamiento computacional, motivación.

## Introducción

La evolución social precisa de cambios, habitualmente proporcionados por la tecnología (Rincón-Rueda & Ávila-Díaz, 2016). En el momento actual la revolución tecnológica gira en torno a la tecnología digital. Resulta entonces necesaria la enseñanza de habilidades acordes al mundo en el que vivimos, de forma que los alumnos estén preparados para integrarse en la sociedad de forma natural (Cabero & Guerra, 2011) y continuar con el desarrollo y evolución social del momento (Ananiadou & Claro, 2009; Barr & Stephenson, 2011; Zapata-Ros, 2015). Para ello la escuela ha de introducir en el currículo desde edades tempranas la enseñanza del uso de las herramientas digitales y tecnológicas actuales, como ya han propuesto varias asociaciones como la National Science Foundation (NSF), la Computer Science Teachers Association (CSTA) y la International Society for Technology in Education (ISTE); y diversos investigadores (Angeli et al., 2016; Balanskat & Engelhardt, 2015; Barr & Stephenson, 2011; Bocconi et al., 2016; Brennan & Resnick, 2012).

La enseñanza de estas herramientas, a su vez, ha de ser contextualizada, de modo que permita el uso de la misma con un fin que no sea meramente la computación. La contextualización fuera del ámbito de la computación permite utilizar la tecnología como vehículo de aprendizaje de los contenidos ya relevantes en las aulas para el desarrollo integral del niño. Precisamente uno de los elementos que puede marcar la diferencia en el proceso de enseñanza-aprendizaje es el desarrollo del pensamiento computacional (Resnick et al., 2009), como enfoque de integración de herramientas, técnicas y conceptos fundamentales de la informática para la resolución de problemas de la vida cotidiana (Wing, 2006). Las habilidades que se pretenden movilizar con su generalización dejan patente la afirmación que ya anticipó el padre del construccionismo, Seymour Papert, de que se debe enseñar a programar a los alumnos, para que éstos no acaben siendo programados por los dispositivos (Blikstein, 2013), advirtiendo de los peligros de una sociedad meramente consumidora de tecnología (Resnick et al., 2009).

El presente trabajo se enmarca en una de las líneas de investigación que está desarrollando el grupo de investigación "LabinTic. Laboratorio de integración de las Tic en el Aula" de la Facultad de Educación de Albacete (UCLM), que pretende profundizar en el papel de la robótica educativa como herramienta de apoyo en los procesos de enseñanza-aprendizaje. En concreto, desde un planteamiento interdisciplinar, se pretende analizar los beneficios de trabajar tareas de orientación espacial e interpretación de planos, ligadas a aprendizajes curriculares de áreas no tecnológicas (Matemáticas y Ciencias Sociales), mediante la robótica. También se aborda el análisis de la motivación de los estudiantes en ambientes mediados por robots, como un elemento diferenciador que puede generar mejoras en el aprendizaje de los contenidos en el

aula, y que se debe tener en cuenta a la hora de planificar procesos de enseñanza-aprendizaje eficaces.

### **Robótica educativa**

En el contexto de la educación en edades tempranas, uno de los informes internacionales más reconocidos, *The NMC/CoSN Horizon Report K-12* (Freeman, Adams Becker, Cummins, Davis, & Hall Giesinger, 2017), elaborado de manera conjunta por New Media Consortium (NMC) y el Consortium for School Networking (CoSN), y en el que se recogen las tendencias, tecnologías y desafíos que impulsarán el cambio educativo en un horizonte de cinco años, se reconoce, en sus dos últimas ediciones (2016 y 2017), que la robótica educativa será una de las tecnologías emergentes con mayores posibilidades de aplicación en contextos educativos, a corto plazo, de uno o dos años, sobre todo por la enorme diversidad de posibilidades que ofrece.

Desde que en la década de 1960, Seymour Papert introdujera LOGO, el interés por el uso de robots en las escuelas ha aumentado y se ha ido transformando de una integración tradicional en la que se implicaba el desarrollo de conocimiento técnico a partir de la construcción y programación (Barker & Ansorge, 2007), a posiciones más innovadoras en las que se concibe la robótica educativa como un sistema o contexto de aprendizaje que se apoya en el uso de robots para desarrollar habilidades y propiciar la adquisición de competencias en el alumnado, no exclusivamente en áreas técnicas, sino también en otras como las matemáticas, las ciencias sociales, naturales y experimentales o las ciencias de la información y la comunicación, entre otras (Karim, Lemaignan, & Mondada, 2015).

Autores como Gaudiello & Zibetti (2016) establecen tres paradigmas de aprendizaje relacionados con la robótica educativa según el hardware y software utilizado y la interacción permitida por el robot: (1) *learning robotics*, cuando los estudiantes usan el robot como plataforma para aprender robótica desde planteamientos técnicos, de producción o de ingeniería; (2) *learning with robotics*, los robots se utilizan como asistentes/ayudantes que acompañan a profesores y/o estudiantes en el proceso de enseñanza/aprendizaje; y (3) *learning by robotics*, los estudiantes aprenden los contenidos de diferentes disciplinas y desarrollan todo tipo de competencias transversales, mediante la robótica. En este último paradigma de aprendizaje, también conocido como *robotic-based instruction*, el robot se convierte en una herramienta activa para profesores y estudiantes que media entre todas las dimensiones del proceso educativo.

En este sentido, entre las todavía escasas investigaciones que analizan la integración de la robótica en las aulas (Benitti, 2012; Toh, Causo, Tzuo, Chen, & Yeo, 2016) se observan beneficios en motivación (Chin, Hong, & Chen, 2014; Karim et al., 2015), resolución de problemas (Lindh & Hol-

gersson, 2007), participación (Toh et al., 2016), trabajo en equipo (Varney, Janoudi, Aslam, & Graham, 2012), aprendizaje cooperativo (Denis & Hubert, 2001), entre otros. Asimismo, la introducción en las aulas del pensamiento computacional, a través de la programación visual por bloques (Román-González, 2016), permite a los estudiantes participar en experiencias de aprendizaje altamente interactivas y atractivas (Chang, Lee, Wang, & Chen, 2010), aspectos que mejoran el aprendizaje (Bowman, Hodges, Allison, & Wineman, 1999).

### Material y métodos.

Para dar respuesta a los objetivos planteados se realizó un diseño de investigación cuasi-experimental mediante la comparación de los resultados pretest-postest entre dos grupos (control y experimental) en diferentes instrumentos validados para medir la orientación espacial, el pensamiento computacional y la motivación de los alumnos participantes en este estudio.

En la intervención participaron un total de 142 alumnos/as de entre 7 y 8 años de cinco Colegios de Educación Infantil y Primaria de la Comunidad Autónoma de Castilla-La Mancha (España), distribuidos por género entre grupo control y grupo experimental tal y como se recoge en la Tabla 1.

Tabla 1.  
*Información demográfica de los participantes en la intervención.*

Grupo Control			Grupo Experimental			Total		
F	M	Total	F	M	Total	F	M	Total
27	32	59	47	36	83	74	68	142

Ninguno de los grupos tenía experiencia previa en programación ni en trabajo con robots y partían de niveles similares en habilidades de orientación espacial e interpretación de planos.

En cuanto a los instrumentos utilizados, para evaluar la capacidad de orientación espacial se eligió una adaptación del *Map Test for Children* (Peter, Glöck y Beiglöck, 2010), con 16 elementos en los que se muestran dos vistas de un mapa y en el que los alumnos/as tienen que identificar el edificio marcado con un punto en una de las dos representaciones.

Para medir el dominio de los alumnos/as sobre el pensamiento computacional, se utilizó una adaptación de la prueba *Computational Thinking Test* (Román-González, Pérez-González, & Jiménez-Fernández, 2017; Román González, 2016) que evalúa diferentes elementos del pensamiento computacional (10 ítems).

Las dos pruebas anteriores fueron evaluadas de forma binaria, correctos (1) o incorrectos (0), asignando a cada alumno una puntuación calculada según el número de respuestas correctas.

Finalmente, con respecto a la motivación, se empleó una adaptación del Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) de Keller (2010). A partir de 36 ítems medidos por una escala Likert de 5 puntos (1 totalmente en desacuerdo a 5 totalmente de acuerdo) aborda las cuatro dimensiones de las que según el modelo ARCS de Keller (1987), se compone la motivación: atención, relevancia, confianza, y satisfacción.

### **Descripción de la intervención.**

La intervención duró dos horas en ambos grupos, durante las cuales tanto los componentes del grupo control como los del experimental, completaron el mismo conjunto de tareas relacionadas con la interpretación de planos, diseñadas a partir de los estándares de aprendizaje establecidos en el currículo oficial en las áreas de Matemáticas y Ciencias Sociales. Las tareas estaban inspiradas en ejercicios similares de los libros de texto de su nivel educativo, en las que en una primera fase por equipos de cuatro o cinco integrantes y después individualmente, debían describir y efectuar recorridos sencillos sobre un plano, que se correspondía con su contexto más cercano, su localidad. Para ello, se les facilitó un mapa en tamaño A3 a cada equipo y otro en tamaño A0 en el centro del aula, que les servirían de referencia. A modo de ejemplo, una de las actividades propuestas fue: “Un amigo tuyo se encuentra en la carretera de Valencia y quiere ir al Museo. ¿Qué recorrido le recomendarías? Escribe el mensaje que le enviarías con las instrucciones necesarias”. Todos los puntos de inicio y final de las rutas requeridas en las diferentes tareas correspondían a las ubicaciones explícitamente indicadas en el mapa.

La única diferencia entre grupo control y experimental estribó en que, en este último, los alumnos/as completaron las tareas con el apoyo de un pequeño robot, llamado Ozobot, programable a través de una herramienta web de programación visual por bloques (<https://ozoblockly.com/>). A través de tablets trabajaron fundamentalmente sobre dos instrucciones: i) *Follow Line to Next Intersection or Line End*, que permite que los Ozobots sigan una línea hasta alcanzar una intersección o el final de la línea, y ii) *Pick Direction*, que ofrece a los usuarios la posibilidad de codificar una elección direccional (izquierda, derecha, adelante o atrás) cuando el *Ozobot* llega a una intersección o un final de línea. Una vez programada la secuencia se comprobaba si las instrucciones habían sido correctas sobre el mapa A0 ubicado en el centro del aula.

## Resultados

### a) Orientación espacial e interpretación de planos.

En la Tabla 2 se pueden observar los promedios agrupados y las desviaciones típicas en la comparación entre grupo control y experimental de los resultados obtenidos en la evaluación de la orientación espacial e interpretación de planos a partir del instrumento *Map Test for Children* en el pretest, postest y la ganancia entre ambos.

Tabla 2.

*Medias y desviaciones típicas en orientación espacial e interpretación de planos.*

		Pre		Post		Diferencia	
n		M	SD	M	SD	M	SD
Grupo Control	59	9.46	3.41	10.29	6.58	0.83	2.45
Grupo Exp	83	10.10	3.56	12.05	2.90	1.95	3.03
Total	142	9.83	3.50	11.32	3.30	1.49	2.85

Los resultados en el grupo experimental aumentan cerca de dos puntos tras finalizar la intervención; muy por encima, también, de la ganancia que manifiestan los alumnos/as del grupo control.

### b) Pensamiento Computacional.

En cuanto a los resultados sobre el nivel de desarrollo del Pensamiento Computacional, las medias sobre las puntuaciones obtenidas en los 10 ítems adaptados del Computational Thinking Test, centrados en la medición del dominio de los alumnos/as con respecto a secuencias y bucles, muestran también mejores valores en el grupo experimental.

Tabla 3.

*Medias y desviaciones típicas en Pensamiento Computacional*

		Pre		Post		Diferencia	
n		M	SD	M	SD	M	SD
Grupo Control	59	2.92	1.88	4.10	2.09	1.19	2.20
Grupo Exp	83	3.35	1.82	4.86	2.20	1.51	2.37
Total	142	3.17	1.91	4.54	2.18	1.38	2.30

### c) Motivación.

Partiendo del modelo ARCS de Keller (1987; 2010) la motivación se compone de la interacción entre cuatro dimensiones: la atención, la relevancia, la confianza y la satisfacción. La primera surge si el alumno advierte una brecha entre su conocimiento actual y el que se está adquiriendo; la segunda depende de la percepción de utilidad de esos aprendizajes; la tercera varía en función de la confianza; y la cuarta es la dimensión sobre la que las anteriores convergen, condicionando la predicción de buenos resultados durante la realización de la tarea.

Tabla 4.

*Medias y desviaciones típicas en motivación.*

	Grupo Control (n=29)		Grupo Experimental (n=63)	
	M	SD	M	SD
Atención (A)	2.96	0.38	3.39	0.54
Relevancia (R)	3.16	0.52	3.62	0.73
Confianza (C)	3.07	0.43	3.58	0.58
Satisfacción (S)	3.67	0.74	4.24	0.75
Total	3.16	0.31	3.63	0.49

La comparación de los resultados entre ambos grupos (control y experimental) ofrece diferencias siempre a favor de los alumnos/as que han participado en la intervención mediada por robots. Asimismo, llama la atención el promedio tan elevado de la categoría Satisfacción en el grupo experimental, muy cercano a la puntuación máxima.

## **Conclusiones.**

Los resultados muestran que el uso de robots como herramienta de apoyo en contextos educativos con alumnos de edades tempranas (7-8 años) aporta beneficios en diferentes dimensiones del proceso de enseñanza-aprendizaje. Se perciben mejoras en la adquisición de contenidos curriculares transversales relacionados con la orientación espacial e interpretación de planos, en línea con las conclusiones encontradas en otros estudios (Coxon, 2012; Juliá & Antoli, 2017). Asimismo, debido a que los robots necesitan ser programados, nuestra intervención da la razón a Resnick et al. (2009) en cuanto a su repercusión en el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional de forma positiva. Y también se hallan en concordancia con los beneficios encontrados por Chin, Hong & Chen (2014) y Karim, Lemaignan & Mondada (2015) en cuanto a motivación.

Por lo tanto, el aprendizaje con robots a edades tempranas parece resultar beneficioso en el aprendizaje transversal del alumnado durante la enseñanza de contenidos propios del currículo. No solo potencia el aprendizaje, debido al aumento de la motivación, en especial a la dimensión satisfacción; sino que aporta y mejora habilidades necesarias para el alumno/a en el contexto actual y futuro.

## Referencias bibliográfica

Angeli, C., Voogt, J., Fluck, A., Webb, M., Cox, M., Malyn-Smith, J., & Zagami, J. (2016). A K-6 computational thinking curriculum framework: Implications for teacher knowledge. *Journal of Educational Technology & Society*, 19(3), 47–57. <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.19.3.47>.

Ananiadou, K., & Claro, M. (2009). *21st century skills and competences for new millennium learners in OECD countries*. OECD Education Working Papers. Paris: OECD Publishing. doi:<http://dx.doi.org/10.1787/218525261154>.

Balanskat, A., & Engelhardt, K. (2015). *Computing our future. Computer programming and coding. Priorities, school curricula and initiatives across Europe*. European Schoolnet. Brussels.

Barker, B. S., & Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. <https://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481>.

Barr, V., & Stephenson, C. (2011). Bringing computational thinking to K-12. *ACM Inroads*, 2(1), 48. <https://doi.org/10.1145/1929887.1929905>.

Benitti, F. B. V. (2012). Exploring the educational potential of robotics in schools: A systematic review. *Computers & Education*, 58(3), 978–988. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2011.10.006>.

Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Developing Computational Thinking : Approaches and Orientations in K-12 Education. *Proceedings EdMedia 2016*, (June), 1–7. <https://doi.org/10.2791/792158>.

Bowman, D. A., Hodges, L. F., Allison, D., & Wineman, J. (1999). The Educational Value of an Information-Rich Virtual Environment. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 8(3), 317–331. <https://doi.org/10.1162/105474699566251>.

Blikstein, P. (2013). *Seymour Papert's Legacy: Thinking About Learning, and Learning About Thinking*. <https://tltl.stanford.edu/content/seymour-papert-s-legacy-thinking-about-learning-and-learning-about-thinking>.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. *Annual American Educational Research Association Meeting*, Vancouver, BC, Canada, 1–25. <https://doi.org/10.1.1.296.6602>.

Cabero, J., & Guerra, S. (2011). La alfabetización y formación en medios de comunicación en la formación inicial del profesorado. *Educación XX1*, 14(1), 89-115.

Chang, C.-W., Lee, J.-H., Wang, C.-Y., & Chen, G.-D. (2010). Improving the authentic learning experience by integrating robots into the mixed-reality environment. *Computers & Education*, 55(4), 1572–1578. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.023>.

Chin, K.-Y., Hong, Z.-W., & Chen, Y.-L. (2014). Impact of Using an Educational Robot-Based Learning System on Students' Motivation in Elementary Education. *IEEE, Transactions on Learning Technologies*, 7(4), 333–345. <https://doi.org/10.1109/TLT.2014.2346756>.

Coxon, S.V. (2012). The Malleability of Spatial Ability Under Treatment of a FIRSTLEGO League-Based Robotics Simulation. *Journal for the Education of the Gifted*, 35(3), 291–316. <https://doi.org/10.1177/0162353212451788>.

Denis, B., & Hubert, S. (2001). Collaborative learning in an educational robotics environment. *Computers in Human Behavior*, 17(5–6), 465–480. [https://doi.org/10.1016/S0747-5632\(01\)00018-8](https://doi.org/10.1016/S0747-5632(01)00018-8).

Freeman, A., Adams Becker, S., Cummins, M., Davis, A., & Hall Giesinger, C. (2017). *NMC/CoSN Horizon Report: 2017 K-12 Edition*. Austin, TX: The New Media Consortium.

Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2016). Learning Robotics, with Robotics, by Robotics. *Learning Robotics, with Robotics, by Robotics: Educational Robotics* (Vol. 3). Hoboken, NJ, USA: John Wiley & Sons, Inc. <https://doi.org/10.1002/9781119335740>.

Julià, C., & Antolí, J. Ò. (2017). Enhancing spatial ability and mechanical reasoning through a STEM course. *International Journal of Technology and Design Education*, 1–27. <https://doi.org/10.1007/s10798-017-9428-x>.

Karim, M. E., Lemaignan, S., & Mondada, F. (2015). A review: Can robots reshape K-12 STEM education? In *2015 IEEE International Workshop on Advanced Robotics and its Social Impacts (ARSO)* (pp. 1–8). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ARSO.2015.7428217>.

Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of instructional development*, 10(2), 2-10. doi:<https://doi.org/10.1007/BF02905780>.

Keller, J. M. (2010). *Motivational design for learning and performance. The ARCS Model Approach*. New York, USA: Springer. doi:[10.1007/978-1-4419-1250-3](https://doi.org/10.1007/978-1-4419-1250-3).

Lindh, J., & Holgersson, T. (2007). Does lego training stimulate pupils' ability to solve logical problems? *Computers & Education*, 49(4), 1097-1111 doi:<https://doi.org/10.1016/j.compedu.2005.12.008>.

Peter, M., Gilmore, J., & Beigl, W. (2010). Map Understanding as a Developmental Marker in Childhood. *Journal of Individual Differences*, 31(2), 64–67. <https://doi.org/10.1027/1614-0001/a000011>.

Resnick, M., Maloney, J., Monroy-Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., Millner, A., Rosenbaum, E., Silver, J., Silverman, B., & Kafai, Y. (2009). Scratch: programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67. doi:[10.1145/1592761.1592779](https://doi.org/10.1145/1592761.1592779).

Rincón-Rueda, A. I., & Ávila-Díaz, W. D. (2016). Una aproximación desde la lógica de la educación al pensamiento computacional. *Sophia: colección de Filosofía de la educación*, 21(1), 161-176. doi:<http://doi.org/10.17163/soph.n21.2016.07>.

Román-González, M. (2016). *Codigoalfabetización y Pensamiento Computacional en Educación Primaria y Secundaria: Validación de un instrumento y evaluación de programas*. Madrid: EIDUNED.

Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678–691. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047>.

Toh, L. P. E., Causo, A., Tzuo, P. W., Chen, I. M., & Yeo, S. H. (2016). A Review on the Use of Robots in Education and Young Children. *Educational Technology & Society*, 19(2), 148–163. <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.19.2.148>.

Varney, M. W., Janoudi, A., Aslam, D. M., & Graham, D. (2012). Building Young Engineers: TASEM for Third Graders in Woodcreek Magnet Elementary School. *IEEE Transactions on Education*, 55(1), 78–82. <https://doi.org/10.1109/TE.2011.2131143>.

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Commun. ACM* 49, 33–35.

Zapata-Ros, M. (2015). Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital. *RED-Revista de Educación a Distancia.*, 46(4), 47. doi:<http://doi.org/10.6018/red/46/4>.