



Febrero 2018 - ISSN: 1989-4155

EL PAPEL DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA EN LA ADQUISICIÓN DE LA COMPETENCIA STEM (*SCIENCE-TECHNOLOGY-ENGINEERING- MATHEMATICS*).

Elena Charro

Catedrática de Universidad
Facultad de Educación y Trabajo Social
Universidad de Valladolid
Valladolid, España
echarro@dce.uva.es

Laura Martín

Estudiante de la ETS de Ingenieros Industriales
Universidad Politécnica de Madrid
Madrid, España
lauramcharro@icloud.com

Para citar este artículo puede utilizar el siguiente formato:

Elena Charro y Laura Martín (2018): "El papel de la robótica educativa en la adquisición de la competencia STEM (*science-technology-engineering-mathematics*).", Revista Atlante: Cuadernos de Educación y Desarrollo (febrero 2018). En línea:

<http://www.eumed.net/2/rev/atlante/2018/02/robotica-educativa-stem.html>

Resumen:

En este artículo se analiza el papel que tiene la robótica educativa en la metodología STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) y cómo ésta permite abordar el desarrollo de la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología* que establece la LOMCE, tanto en el currículo español de educación primaria como secundaria. Las experiencias didácticas basadas en la robótica, dado su carácter CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) permiten mejorar la actitud hacia las ciencias de los alumnos a la vez que mejora su alfabetización científica.

Palabras clave: Alfabetización científica; Robótica educativa; competencia STEM.

Abstract:

This article analyzes the role that educational robotics has in the STEM methodology (Science, Technology, Engineering and Mathematics) and how it allows the development of mathematical

competence and basic competences in science and technology established by LOMCE, both in the Spanish curriculum of primary and secondary education. The didactic experiences based on robotics, given its character CTS (Science, Technology and Society) allow to improve the attitude toward science of students while improving their scientific literacy.

Keywords: Scientific literacy; Educational robotics; STEM competence.

1.- INTRODUCCIÓN

En el panorama educativo español actual, el currículo de primaria de la LOMCE contempla una nueva competencia: la “competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología”. Esta competencia expresa una relación entre tres disciplinas, Ciencias, Tecnología y Matemáticas. En Europa y EE.UU. estas materias se integran en las denominadas competencias STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*), es decir, la educación de las disciplinas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas como una sola.

Así, organismos como el United States National Research Council y la National Science Foundation declararon en 2011 que se debería fomentar una educación que tenga en cuenta estas disciplinas ya que es fundamental para las sociedades tecnológicamente avanzadas. Y en palabras del propio Barack Obama:

“El liderazgo del futuro depende de cómo eduquemos a nuestros alumnos hoy especialmente en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas.”

Y es que se trata de una fórmula considerada clave para fomentar economías competitivas en el futuro. En España, solo 13 de cada 1 000 personas han completado estudios superiores en estas áreas, como reporta la Fundación Telefónica en uno de sus informes (2014):

“Los cambios previstos en la economía y el mercado laboral en los próximos 10 años afectarán a la demanda de profesionales STEM, que va a crecer en mayor medida que la de profesionales de otros sectores”.

En este trabajo se analiza el papel de la robótica en el contexto educativo y en particular su implicación en la educación STEM. Desde un punto de vista pedagógico, las experiencias didácticas basadas en la robótica implican la integración de las matemáticas y las ciencias tanto de una manera intencionada como involuntaria, aparte de constituir en sí mismas un vehículo para motivar al alumno y mejorar su actitud hacia las ciencias de una manera novedosa y eficaz. Por otro lado, el carácter CTS (Ciencia, Tecnología y Sociedad) de la

robótica implica fomentar la alfabetización científica entre los estudiantes con las implicaciones sociales que conlleva para una sociedad cada vez más tecnológica.

2.- LA COMPETENCIA STEM

Actualmente, en España, el currículo de primaria establece entre sus competencias clave a la *competencia matemática y competencias básicas en ciencia y tecnología* como una sola, a diferencia del anterior currículo (LOE, 2007) en el que se tenían como dos competencias básicas e independientes, la competencia matemática y la competencia en el conocimiento y la interacción con el mundo físico. Así surge un vínculo entre las áreas matemática-ciencia y tecnología, pero tal vínculo enfatiza, no obstante, una visión parcial de la tecnología. En el contexto STEM, la tecnología no sólo se preocupa de que los escolares usen con sentido crítico diferentes dispositivos tecnológicos para resolver cuestiones y problemas o que seleccionen la pertinencia o la idoneidad de cada uno de acuerdo al propósito que se tenga, que no es poco. También incluye el diseño y la construcción de dispositivos o el manejo de herramientas, no necesariamente computacionales.

El concepto educativo sobre el que se basa STEM es el de intentar quitar las barreras que separan estas cuatro disciplinas mencionadas e integrarlas con experiencias de aprendizaje rigurosas y significativas para los estudiantes. Así, la competencia STEM exige desarrollar una nueva metodología educativa para llevar a cabo en la enseñanza obligatoria, primaria y secundaria. De este modo, para conocer la forma en la que debería funcionar este tipo de educación, es preciso saber primero cómo surge STEM y cómo se define.

Por un lado, Morrison (2006), directora ejecutiva de Teaching Institute for Excellence in STEM (TIES), señala que STEM es la creación de una disciplina basada en la integración de otras en un nuevo “todo”, construyendo así un puente interdisciplinario con identidad propia. También, Tsupros (2009), especialista en el currículo de STEM para Intermediate Unit 1(IU1), define la educación en STEM como una estrategia interdisciplinaria para el aprendizaje donde los conceptos académicamente rigurosos se acoplan a lo real, es decir, se pone en práctica la ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas en contextos relacionados con la escuela, la sociedad, el trabajo y una iniciativa global del desarrollo del don en STEM y con la habilidad para competir en la nueva economía.

En esta línea, Morrison (2006) sugiere que los estudiantes competentes en STEM deberían ser:

- *Solucionadores de problemas.* Ser capaces de determinar las preguntas y los problemas, planear investigaciones para recoger, recopilar y organizar datos, sacar conclusiones y luego, ponerlo en práctica en situaciones nuevas e innovadoras.

- *Innovadores*. Usar creativamente los conceptos y principios de Ciencias, Matemáticas y Tecnología, poniéndolos en práctica en los procesos del diseño de ingeniería.
- *Inventores*. Reconocer las necesidades del mundo y diseñar, probar y poner en marcha las soluciones obtenidas (proceso de ingeniería).
- *Autosuficientes*. Ser capaces de usar la propia iniciativa y motivación, desarrollar y ganar confianza en sí mismos, y trabajar en un determinado tiempo.
- *Pensadores lógicos*. Ser capaces de llevar a la práctica los procedimientos racionales y lógicos de las Ciencias, las Matemáticas y la Ingeniería, planteando innovaciones e invenciones.
- *Tecnológicamente cultos*. Entender y explicar la naturaleza de la tecnología, desarrollar las habilidades necesarias y llevarlas a cabo en la tecnología de manera apropiada.

3.- LA METODOLOGÍA STEM

La metodología STEM, ampliamente utilizada en otros países como Estados Unidos, se basa en el aprendizaje integrado de todas las disciplinas científicas, principalmente mediante la resolución de problemas y situaciones abiertas y no estructuradas, usando conjuntamente los contenidos y procedimientos de estas disciplinas. Además, la consecuencia del estudio de estas situaciones problemáticas suele ser la creación de un producto por parte del alumnado. Se trata, por tanto, de que los alumnos y alumnas trabajen en el aula de forma similar a como lo hace un ingeniero cuando afronta un problema y se enfatiza, por tanto, en la puesta en práctica de los conocimientos del alumnado. Pero no sólo eso; también se busca el proceso inverso: que el tratamiento de situaciones reales permita el estudio teórico, la motivación, etc. de los contenidos de las diversas materias científicas. Además, esta metodología fomenta la motivación del alumnado; la retención de los aprendizajes por más tiempo; la capacidad de transferir aprendizajes de unas situaciones a otras, y, en definitiva, el aprendizaje por competencias básicas.

Estamos hablando de una manera de trabajar que comparte rasgos con las conocidas ideas de constructivismo (el aprendizaje se construye, no se transmite), aprendizaje significativo, contextualización y aplicación de los conocimientos a situaciones reales y adquisición de competencias. En resumen, se trata de una metodología similar al aprendizaje basado en proyectos (ABP), pero con la particularidad de que los problemas están contextualizados en el ámbito de las ciencias.

En una sociedad europea impulsada por el conocimiento y la innovación, el pensamiento crítico, el uso de modelos, el razonamiento flexible, la colaboración y la comunicación son habilidades indispensables (Caprile, Palmén, Sanz y Dente, 2015). Estas habilidades

pertenecen a las prácticas cotidianas de los profesionales STEM, como científicos e ingenieros. Entonces por su propia naturaleza, los cursos de STEM son particularmente adecuados para desarrollar estas competencias (Caprile et al., 2015). Sin embargo, según algunos estudios (Sjøberg y Schreiner, 2010), cuando se encuesta a chicos de 15 años sobre su interés hacia la ciencia y la tecnología, éstos indican que en sus cursos escolares no se transmite la importancia que tiene la competencia STEM. Por eso, Wang, Moore, Roehrig y Park (2011) indican que todavía existe una necesidad general de construir currículos que elimine las barreras entre las disciplinas e integren sus contenidos, lo que va más allá de los puntos de vista tradicionales.

Es por tanto, que la integración de conceptos e ideas de las cuatro disciplinas STEM de una manera que impregne el STEM en los alumnos a lo largo de sus años de enseñanza obligatoria, parece un enfoque bastante nuevo. Estos nuevos planes de estudios para ser desarrollados requieren de la colaboración entre profesores e investigadores (Parke y Coble, 1997). Por ejemplo, los investigadores han argumentado que la informática, si bien es un beneficio significativo como una disciplina en sí misma, también puede funcionar como una herramienta para facilitar el aprendizaje de matemáticas y ciencias (Sullivan, 2008). Sin embargo, Sullivan (2008) y Verma, Puvirajah y Webb (2015) destacan la escasez de investigaciones relacionadas con la implementación de la robótica en la educación obligatoria, aunque sí se ha llevado a cabo desde una enseñanza no-formal, es decir, extraescolares o cursos de verano (Abaid, Kopman y Porfiri, 2013). Esto sugiere que se requiere aún de una investigación educativa más profunda y extensa para comprender cómo puede ser la enseñanza y el aprendizaje de la ciencia utilizando herramientas como la robótica educativa.

4.- LA ROBÓTICA EDUCATIVA

El concepto de robot es relativamente reciente: fue introducido en 1921 por el escritor checo Karel Capek para designar a una máquina que realiza tareas en lugar del hombre. Los autómatas son los auténticos precursores de la informática y la robótica de hoy en día. Los autómatas (del griego *automatos*, o “ingenio mecánico que obra por sí mismo”), han sido objeto de deseo y fascinación para el hombre desde la antigüedad. Y a esta fascinación han contribuido algunos de los más grandes inventores de la historia, como Leonardo Da Vinci.

Ingenios automáticos se pueden encontrar ya en la antigüedad. En el Antiguo Egipto algunas estatuas de dioses (en los templos), con fines principalmente intimidatorios, despedían cíclicamente fuego por los ojos o emitían sonidos al ser iluminados por el sol, como resultado de aplicar varios principios de la física. También en China y Japón existen leyendas que datan del 2000 a.C acerca de diversos artilugios automáticos entre los que se describen varios Autómatas musicales. También se conoce la existencia de la Máquina de Antikhitara o Anticitera, que dataría del año 87 a.C. Posteriormente, el mismo Herón de Alejandría escribió lo que sería el primer tratado sobre autómatas en el siglo I d.C.

Sin embargo, aunque la idea de fabricar automatismos y particularmente los musicales, es probable que rondase en la mente de muchos desde tiempos remotos, Los primeros ejemplos de autómatas conocidos aparecieron en el mundo islámico en los siglos XII y XIII. Destacan por su sofisticación los creados por el inventor árabe Al-Jazari, quien en 1206 describe algunos de sus más notables creaciones: un escanciador de vino automático, un mecanismo dispensador de jabón y toallas, y una orquesta-autómata que operaba gracias a la fuerza del agua, y que estaba destinada a amenizar fiestas y banquetes con música mientras flotaba en un estanque, lago o fuente. Esta creación se considera una de las primeras máquinas programables de la historia.

En torno a 1495 Da Vinci ya había diseñado su primer autómata, un caballero armado mecánico que en el interior de su armadura albergaba un complejo mecanismo de ruedas y engranajes, cables y poleas. Podía sentarse y levantarse, girar la cabeza, cruzar los brazos y alzar el visor de su casco, tal y como recogen los bocetos y dibujos del cuaderno recuperado en 1950. No se tiene la certeza de que Leonardo llegase a construirlo, pero sí se sabe que funcionaba gracias a una réplica que realizó la NASA. Mark Rosheim, ingeniero de la agencia espacial estadounidense, replicó en 2002 el autómata a partir de aquellos esquemas y comprobó la perfección de su diseño: hasta el punto de implementó algunas ideas de Leonardo en su trabajo con los robots de la NASA.

Los autómatas alcanzaron su momento de mayor esplendor en la Europa del siglo XVIII, cuando gracias al desarrollo de los mecanismos de relojería se hizo posible la miniaturización de los aparatos. Por eso muchos de los más famosos constructores de autómatas eran también reputados relojeros. Como el maestro suizo Pierre Jaquet-Droz, quien entre 1768 y 1774 construyó tres autómatas de extraordinaria complejidad. El autómata más famoso de la historia fue un “impostor”, un imponente busto de madera de un jugador de ajedrez, conocido como El Turco por su atuendo, que fue fabricado en 1769 por el aristócrata húngaro Wolfgang von Kempelen. Pero será Jacques de Vaucanson (1709- 1782), ingeniero e inventor francés, el considerado creador del primer *robot* y del primer telar completamente automatizado.

Por otro lado, es al escritor Issac Asimov a quien se debe el término *robótica*, ya que apareció en uno de sus cuentos de ficción científica en 1940, definiéndola por primera vez como la “ciencia que se encarga de los robots” (Velazco Sánchez 2007).

La robótica educativa tiene sus orígenes alrededor de los años 60, cuando un grupo de investigadores del Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) liderado por el científico y educador Papert, propusieron la construcción de dispositivos tecnológicos que permitieran a los niños interactuar y programarlos para ejecutar ciertas acciones. La incorporación de las tecnologías digitales a los ambientes educativos, permitió a Papert desarrollar el Construccionismo, que contrario a otros métodos de aprendizaje a través de tecnologías digitales, promueve el aprendizaje a través de la interrelación objeto–sujeto, mediante el cual le

da una participación activa al estudiante de manera similar a lo que se describe como metodología de trabajo en la robótica educativa (Acuña, 2006):

“un contexto de aprendizaje que se apoya en las tecnologías digitales e involucra a quienes participan en el diseño y construcción de creaciones propias, primero mentales y luego físicas, construidas con diferentes materiales y controladas por un computador”.

Así, Papert y sus colaboradores crean el primer software de programación para niños denominado LOGO, que se fundamenta su teoría construccionista en los principios del Constructivismo de Jean Piaget. Este grupo de investigación estableció un convenio con la empresa LEGO para desarrollar lo que se conoció como LEGO/LOGO, lo que consistía en integrar las piezas de construcción de lego con elementos de programación que podrían ser ejecutados desde un computador (Resnick, 2001). Posteriormente, en los años 80, la compañía LEGO ya había difundido estos equipos o juguetes por todo el mundo, facilitado su uso con fines educativos. De la misma forma en que muchas tecnologías han llegado a diversos campos de la actividad humana, el uso de estos “juguetes” en la educación planteaba un interés singular ya que estos nuevos recursos tienen la facilidad de transformar el entorno de aprendizaje de una clase, en una experiencia rica en actividades concretas, a la vez que los estudiantes se divierten y juegan al proponer soluciones a problemas específicos.

De esta manera la robótica, vista como una rama de la tecnología que se ocupa del diseño, estructura, construcción, operación y aplicación del robot, ha tomado fuerza en el campo educativo durante los últimos años para su implementación en las metodologías de enseñanza y aprendizaje en los diferentes niveles de educación desde la educación infantil y primaria hasta la universitaria, siendo ésta una herramienta didáctica de gran importancia para el docente que puede ser utilizada para desarrollar en el estudiante habilidades, competencias y en gran medida su creatividad en la solución de problemas a través de la programación y construcción del robot.

5.- REFLEXIONES FINALES

Existe consenso en que las asignaturas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas (STEM) deben enseñarse de manera diferente (Smith, Douglas y Cox 2009; Yarker y Park 2012; McWilliam y Taylor 2016). Se requiere un cambio de enseñanza y aprendizaje centrados en el docente a la enseñanza centrada en el alumno (Froyd 2008). Este cambio requiere creatividad y esto es bastante diferente de la forma en la que muchas asignaturas de STEM se enseñan actualmente y un desafío para muchos educadores de STEM (Marbach-Ad et al. 2014). Autores como Lantz (2009) señalan que la mayoría de las experiencias puestas en práctica para la educación en STEM en las escuelas en EEUU se han centrado en las Ciencias y las Matemáticas, dejando de lado la Ingeniería y la Tecnología, que no han recibido la misma atención en estas propuestas.

En base a atender las demandas de formación profesional que requiere el desarrollo económico y social de un país, es evidente la necesidad de motivar el estudio por las ciencias y la tecnología desde edades muy tempranas, de manera que los niños y jóvenes puedan tener un acercamiento agradable con la aplicación directa de la ciencia, la matemática y la computación, en un ambiente lúdico a través del juego, al utilizar recursos como LEGO MINDSTORMS, para construir soluciones a problemas típicos de la vida diaria. Es importante pues, el papel de la robótica educativa para motivar e incentivar el interés por el estudio de la ciencia y la tecnología en los distintos sectores educativos, especialmente primaria y secundaria.

BIBLIOGRAFÍA

- Fundación Telefónica (2014) Informe Fundación Telefónica: Top 100 Innovaciones educativa. <https://es.slideshare.net/juanjbano/informe-top-100-innovaciones-educativas>
- Abaid, N., Kopman, V., y Porfiri, M. (2013). An attraction toward engineering careers: The story of a Brooklyn outreach program for K12 students. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 20, 31-39.
- Acuña, A. (2006). Robótica: espacios creativos para el desarrollo de habilidades en diseño para niños, niñas y jóvenes en América Latina. Fundación Omar Dengo. Fondo Regional para la Innovación Digital en América Latina y el Caribe.
- Caprile, M., Palmén, R., Sanz, P. y Dente, G. (2015). Encouraging STEM studies – Labour Market Situation and Comparison of Practices Targeted at Young People in Different Member States. Brussels: European Parliament.
- Froyd, J. (2008). "A White Paper on Promising Practices in Undergraduate STEM Education." Accessed 28 June 2016. http://nsf.iupui.edu/media/b706729f-c5c0-438b-a5e47c46cc79dfdf/HhFG1Q/CTLContent/FundedProjects/NSF/PDF/2008-Jul-31_Promising_Practices_in_Undergraduate_STEM_Education.pdf
- Kearney, C. (2011). Efforts to increase students' interest in pursuing science, technology, engineering and mathematics studies and careers. Brussels: European Schoolnet.
- Lantz Jr, H.B. (2009). Science, technology, engineering, and mathematics (stem) education what form? What function?. Report, CurrTech Integrations, Baltimore.
- Marbach-Ad, G., Schaefer Ziemer K., Thompson K., y Orgler M. (2014). "New Instructors Teaching Experience in a Research-Intensive University." *Journal on Centers for Teaching and Learning* 5: 49–90.
- McWilliam, E., y Taylor P. (2016). "Two Cheers for STEM: Three Cheers for Creativity." *Access* 30(1): 28–35.
- Morrison, J., (2006). TIES STEM education monograph series, attributes of STEM education.

- NAE y NRC, (2014), National Academy of Engineering and National Research Council (2014). STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research. Washington, DC: The National Academies Press
- Parke, H.M. y Coble, C.R. (1997). Teachers designing curriculum as professional development: A model for transformational science teaching. *Journal of Research in Science Teaching*, 34, 773-790.
- Resnick, M. (2001). Tortugas, termitas y atascos de tráfico. Exploraciones sobre micromundos masivamente paralelos. Barcelona: Editorial Gedisa.
- Sjøberg, S. y Schreiner, C. (2010). The ROSE project. Oslo: University of Oslo.
- Smith, K., Douglas T., y Cox M. (2009). "Supportive Teaching and Learning Strategies in STEM Education." *New Directions for Teaching and Learning* 2009: 19–32.
- Sullivan, F.R. (2008). Robotics and science literacy: Thinking skills, science process skills and systems understanding. *Journal of Research in Science Teaching*, 45, 373-394.
- Tsupros, N., Kohler R., y Hallinen J., (2009). STEM education: A project to identify the missing components, Intermediate Unit 1 and Carnegie Mellon, Pennsylvania.
- Velazco Sánchez, E. R. (2007) *Educatrónica*. Vol. I. Diaz de Santos
- Verma, G., Puvirajah, A., y Webb, H. (2015). Enacting acts of authentication in a robotics competition: An interpretivist study. *Journal of Research in Science Teaching*, 52, 268-295.
- Wang, H.H., Moore, T.J., Roehrig, G.H. y Park, M.S. (2011). STEM Integration: Teacher Perceptions and Practice. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*. 1(2), 1-13.
- Yarker, M., y Park S. (2012). "Analysis of Teaching Resources for Implementing an Interdisciplinary Approach on the K-12 Classroom." *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education* 8 (4): 223–232. doi:10.12973/eurasia.2012.841a.