



## **EXPERIENCIA DE INNOVACIÓN EDUCATIVA CON ROBÓTICA EN LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA EDUCACIÓN DE LA UNIVERSIDAD DE SEVILLA (ESPAÑA)**

Pedro Román-Graván

Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias de la Educación

proman@us.es

Carlos Hervás-Gómez

Universidad de Sevilla. Facultad de Ciencias de la Educación

hervas@us.es

José-Luis Guisado-Lizar

Universidad de Sevilla. Escuela Técnica Superior de Ingeniería Informática

jlguisado@us.es

Román-Graván, P., Hervás-Gómez, C., y Guisado-Lizar, J. L. (2017). Experiencia de innovación educativa con robótica en la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla (España). En Ruiz-Palmero, J., Sánchez-Rodríguez, J. y Sánchez-Rivas, E. (Edit.). *Innovación docente y uso de las TIC en educación*. Málaga: UMA Editorial.

**Palabras clave:** Robótica, innovación educativa, plan de estudios, TIC, tecnología educacional.

**Resumen:** A nivel mundial, la robótica educativa está cada vez más presente en los centros educativos de todo el mundo, sobre todo a niveles de educación secundaria, incluso ya hay bastantes experiencias de introducción en el currículum en infantil y en primaria. En España, la robótica educativa se ha ido incorporando como una actividad extraescolar, debido sobre todo al incremento que estas tecnologías están teniendo en la sociedad. Este auge de la robótica educativa está siendo impulsado por muchos factores, incluyendo las demandas económicas y tecnológicas de una necesaria mano de obra especializada. Con

este trabajo se ha pretendido iniciar una innovación educativa utilizando diferentes robots que se están comercializando en nuestro país y en ella han participado tanto estudiantes de la asignatura de TIC del Grado de Educación Infantil y Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla. Los resultados más perceptivos y visibles arrojan que los estudiantes han estado muy motivados y han reaccionado muy positivamente ante la introducción de la robótica en el currículum académico.

## **1. INTRODUCCIÓN**

A nivel mundial, la robótica educativa está cada vez más presente en los centros educativos de todo el mundo (Benitti, 2012; Alimisis, 2014), sobre todo a niveles de educación secundaria, incluso ya hay bastantes experiencias de introducción en el currículum en infantil y en primaria. En España, la robótica educativa se ha ido incorporando como una actividad extraescolar, debido sobre todo al incremento que estas tecnologías están teniendo en la sociedad. Este auge de la robótica educativa está siendo impulsado por muchos factores, incluyendo las demandas económicas y tecnológicas de una necesaria mano de obra especializada (Smith, 2016).

Con este trabajo se ha pretendido iniciar una innovación educativa utilizando diferentes tipos de robots que se están comercializando en nuestro país. El primero de ellos ha sido el mBlock, del fabricante chino Makeblock (figura 1), apropiado para la Educación Primaria, Secundaria y Bachillerato:

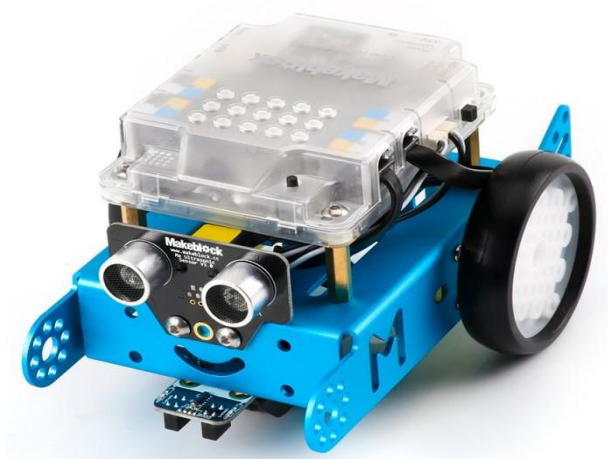


Figura 1. mBot de Makeblock (<http://bit.ly/mbot-makeblock>)

El segundo ha sido el Mouse Robot, de la americana Learning Resources (figura 2), parecido a la tan afamada abeja Beebot, y más apropiado para Educación Infantil y los primeros cursos de Primaria.



Figura 2. Mouse Robot de Learning Resources (<http://bit.ly/mouse-robot>)

Por último, también se ha trabajado con la placa Makey-Makey, del fabricante Joylabz, una joven spinoff creada por dos estudiantes del MIT Media Lab de Massachusetts, Estados Unidos (figura 3):

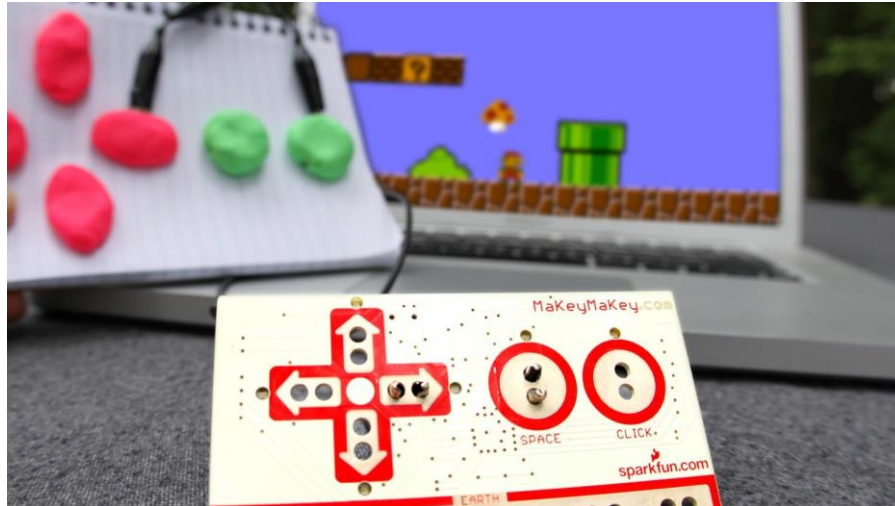


Figura 3. Placa Makey Makey de Joylabz (<http://bit.ly/placa-makey-makey>)

## **2. LA ROBÓTICA EDUCATIVA Y EL PENSAMIENTO COMPUTACIONAL**

Dentro de la comunidad educativa no existe una definición consensuada de robótica educativa, robótica pedagógica o robótica didáctica. Para Pittí (2014) la Robótica Educativa es una herramienta al servicio del aprendizaje, capaz de generar entornos colaborativos donde los participantes pueden practicar las habilidades del siglo XXI resumidas como las “4C”: Colaboración, Creatividad, Comunicación y Criticidad (pensamiento crítico). Por su parte, Acuña (2012:8) la define como un contexto de aprendizaje que promueve un conjunto de desempeños y habilidades directamente vinculados a la creatividad, el diseño, la construcción, la programación y divulgación de creaciones propias primero mentales y luego físicas, construidas con diferentes materiales y recursos tecnológicos; que pueden ser programados y controlados desde un computador o dispositivo móvil.

Lo que sí está claro es que hay una serie de elementos comunes a todas ellas como son: es una disciplina interdisciplinar; requiere la construcción de un objeto tecnológico con un fin concreto (algunos autores lo llaman robot educativo, otros lo llaman prototipo robótico, otros hacen referencia a automatismos...); tiene como objetivo el campo pedagógico; y desarrolla competencias y habilidades clave para el alumnado del S. XXI.

Así mismo, para Bravo Sánchez y Guzmán (2012) la robótica en el ámbito educativo se convierte en un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollar competencias generales como la socialización, la creatividad y la iniciativa, que permitan al estudiante dar una respuesta eficiente a los entornos cambiantes del mundo actual. Para estos autores la presencia de la robótica en el aula de clase no intenta formar a los estudiantes en la disciplina de la robótica propiamente dicha, sino aprovechar su carácter multidisciplinar para generar ambientes de aprendizaje donde el estudiante pueda percibir los problemas del mundo real, imaginar y formular las posibles soluciones y poner en marcha sus ideas, mientras se siente motivado por temas que se van desarrollando.

Hablar de programación y de robótica es hablar de pensamiento computacional (PC), de cómo funcionan las máquinas y los ordenadores, ya que éstas son programadas por seres humanos. La programación es la alfabetización de hoy y ayuda a practicar las habilidades del siglo XXI como la resolución de problemas, el trabajo en equipo y el pensamiento analítico (European Commission, 2017), ya que no solo el mundo está tendiendo a lo digital, sino que también el mercado laboral tiende hacia él y todo trabajador necesitará habilidades digitales.

Atmatzidou y Demetriadis (2014), consideran el PC como una habilidad fundamental, que promueve nuevas formas de pensar a los estudiantes en todas las disciplinas de la ciencia. Por su parte, Yadav, Mayfield, Zhou, Hambrusch y Korb (2014), definen el PC ampliamente como la actividad mental para abstraer problemas y formular soluciones que pueden ser automatizadas. En una sociedad cada vez más basada en la información, el PC se está convirtiendo en una habilidad esencial para todos. Así por ejemplo, An y Lee (2014) desarrollaron un curso de formación inicial de maestros para entender y usar el PC en las clases.

Sin embargo, la mayoría de los maestros no reconocen los beneficios de la robótica educativa (Alimisis, Moro, Arlegui, Pina, Frangou y Papanikolaou, 2007), e incluso cuando lo hacen, muchos no están preparados para usar los robots en el proceso de enseñanza-aprendizaje (Mataric, Koenig y Feil-Seifer, 2007), e incorporar proyectos de robótica educativa en sus clases.

Al ser la robótica educativa multidisciplinar, es necesario que el profesorado tenga conocimientos de las mismas, de lo contrario no podrá enseñar dicho contenido. Para Alimisis et al. (2007) el profesorado debe acompañar a su alumnado durante el proceso de aprendizaje, calculando y ajustando las necesidades de éste a medida que se desarrolla. Este proceso precisa de constante reflexión, pues necesitan generar la transformación del método tradicional hacia la promoción de actividades que estimulen en el alumnado la necesidad por aprender a través de la exploración y búsqueda de conocimiento, propiciando el desarrollo del pensamiento creador y la inteligencia del alumno.

Sullivan y Moriarty (2009), destacan que parte de los maestros que participó en su estudio, afirmó sentirse poco preparado para afrontar actividades de formación que implican el uso de la robótica educativa, aún después de haber recibido formación. Kim, Choi, Han y So (2012), se hacen eco de las carencias del profesorado de TIC de Corea (considerado a priori como bien preparado en este campo) y analizan las necesidades de formación en programación y robótica educativa y su aplicabilidad en el aula. Greenberg, McKee y Walsh (2013) recomiendan como estrategia limitar el número de matrícula para los programas de formación de maestros.

Para Fredricks, Blumenfeld y Paris (2004) el interés del maestro conduce a un compromiso activo en general y los maestros con ausencia de interés es menos probable que impacten en sus prácticas de clase (Kim, Kim, Lee, Spector y DeMeester, 2013). La robótica puede ser una herramienta eficaz para que los maestros se interesen y participen en el aprendizaje en un primer momento

(formación inicial y/o permanente) y la enseñanza a sus alumnos a posteriori.

Para Bers (2008) la formación de maestros en robótica también puede producir otras influencias positivas en la práctica docente como la enseñanza centrada en el estudiante. Según Bravo Sánchez y Guzmán (2012) la robótica educativa tiene la capacidad de mantener la atención del estudiante. El hecho de que el estudiante pueda manipular y experimentar con estas herramientas de aprendizaje basadas en robótica hace que pueda centrar sus percepciones y observaciones en la actividad que está realizando.

A pesar de la importancia en la formación del profesorado de incluir la robótica educativa (Pittí, Curto, Moreno, y Rodríguez, 2013), hay pocos estudios que impliquen en la formación de profesores a la robótica educativa. Según Gorman (2016) para que la robótica educativa se establezca de manera natural en las aulas, el profesorado necesita un poco más de convicción y mucha más formación. Perritt (2010) describió el desarrollo profesional utilizando un enfoque de aprendizaje basado en problemas junto con la robótica. Así, cuanto más confiados están los maestros, más utilizaban los robots y el pensamiento crítico en la enseñanza. Igualmente, Osborne, Thomas and Forbes (2010) resaltaron la importancia de la formación docente, pero sólo mencionaron brevemente el hecho de que se ofrecían talleres para maestros. Arlegui, Pina y Moro (2013) explicaron más sobre su formación de maestros, pero sólo tiene informes anecdóticos sobre lo que los maestros aprendieron e hicieron. Es necesaria una formación eficaz de los maestros para el uso de robótica apropiada para el desarrollo (Bers, 2010:1).

En el estudio de Agatolio, Pivetti, Di Battista, Menegatti y Moro (2017) los sujetos expresaron una mayor disponibilidad y una mejor actitud hacia la robótica después de recibir un curso de formación. Los maestros coincidieron en la convicción de que la robótica puede mejorar la motivación de los estudiantes para aprender. En cuanto a la implementación en clase, aproximadamente dos tercios de los participantes declaran que ya tenían una idea sobre cómo integrar la robótica en los planes de estudio.

Para Artym, Carbonaro y Boechler (2017) aprender a pensar computacionalmente ha sido identificado por algunos investigadores como una habilidad deseable para los estudiantes del siglo XXI. El reto para los maestros es crear entornos de aprendizaje que puedan fomentar el desarrollo del PC en los estudiantes. Los programas de formación de maestros están en una posición única para integrar las habilidades de PC en su práctica pedagógica. Es un hecho evidente que el crecimiento y la creación del empleo va ligada al desarrollo

de innovaciones en materia de educación, de tal manera que una iniciación y formación de los docentes en los conocimientos elementales de robótica en el presente, repercutirá positivamente en el progreso de nuestra sociedad del mañana. Aunque, como bien dicen Ferreira, Ryan y Davis (2015) las instituciones de formación inicial del profesorado son organizaciones grandes y complejas que son notoriamente difíciles de cambiar.

Y hablar de robótica es hablar también de habilidades personales y competencias STEM o de su evolución STEAM, que es hacia donde los entornos educativos están enfatizando el currículo y programas de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas. Fue precisamente debido al estrecho enfoque de STEM (Science, Technology, Engineering y Mathematics), por lo que los educadores pidieron un enfoque no tan técnico que diera cabida a las artes, el diseño y las humanidades (<http://bit.ly/youtube-stem>). Este deseo creó espacio para la educación en ciencia, Tecnología, Ingeniería, Artes y Matemáticas (STEAM), un enfoque más transdisciplinario que focaliza en la resolución de problemas y cuyo objetivo primordial es preparar a los estudiantes para resolver los problemas urgentes del mundo a través de la innovación, la creatividad, el pensamiento crítico, la comunicación eficaz, la colaboración y, en última instancia, nuevos conocimientos (Quigley y Herro, 2016).

### **3. DESARROLLO DE LA EXPERIENCIA**

Tal y como se ha descrito, en esta experiencia de innovación han participado estudiantes de la asignatura de TIC del Grado de Educación Infantil y del de Primaria de la Facultad de Ciencias de la Educación de la Universidad de Sevilla, durante el año académico 2016-17.

En ella, han participado dos grupos del Grado de Educación Infantil y otros dos grupos del Grado de Educación Primaria. En los primeros, la experiencia ha tenido lugar en 4º Curso en la asignatura “Las Tecnologías de la Información y de la Comunicación Aplicadas a la Educación Infantil”, formación básica con 6 créditos (<http://bit.ly/tic-infantil-us>), y en los segundos se impartido durante el 1er. Curso en la asignatura “Tecnologías de la Información y la Comunicación Aplicadas a la Educación”, también formación básica y con 6 créditos (<http://bit.ly/tic-primaria-us>).

La experiencia se inició explicando a los estudiantes lo que era el PC y la robótica educativa (figura 4). Asimismo, se les facilitó un documento tanto con la presentación colectiva informatizada como diferentes textos en donde se ampliaba la información explicada durante las dos sesiones que abarcó la

experiencia.



Figura 4. José Luis Guisado, profesor de la Universidad de Sevilla, explicando lo que es la robótica educativa.

Después se les introdujo al lenguaje de programación Scratch y mBlock (la versión de Scratch para programar los robots mBot), montaron los robots y comenzaron a programarlo con unas pocas nociones (figura 5).





Figura 5. Estudiantes programando el mBot con el lenguaje de programación mBlock.

La práctica con mBot consistió en hacer que el robot se moviese en diferentes sentidos, incluso detectara obstáculos con los sensores de ultrasonidos y los esquivase, además de hacer que se encendiesen diferentes leds de colores que tenían en su parte superior y frontal.

En estos vídeos podemos ver cómo era la interacción de los estudiantes con el mBot: <http://bit.ly/mbot-video>

Para el aprendizaje del lenguaje de programación Scratch se recurrió a una sencilla plantilla proporcionada por la asociación sin ánimo de lucro programamos.es, <https://programamos.es>, y que consistía en la programación de un videojuego relacionado con la alimentación sana, en donde el famoso gato debía posicionarse bajo las frutas que iban bajando por la pantalla y desechando los cuencos llenos de chucherías (figura 6).

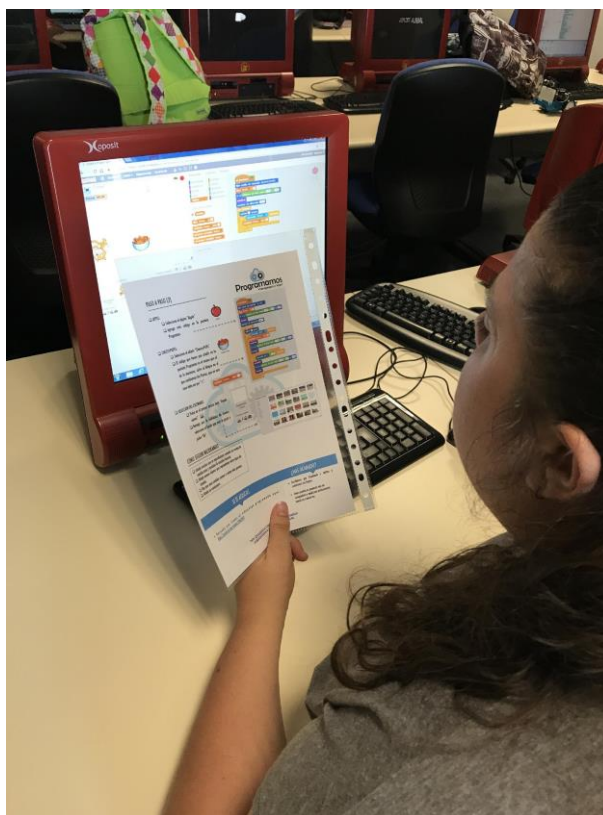


Figura 6. Estudiantes programando con el lenguaje de programación Scratch.

Después les explicamos el funcionamiento y la utilidad del otro robot, el Robot Mouse, cómo se monta el circuito, cómo usar las fichas de orientación y cómo se podían programar unidades didácticas con él (figura 7).



Figura 7. Estudiantes interactuando con Robot Mouse.

En este vídeo podemos ver cómo era la interacción de los estudiantes con el Robot Mouse: <http://bit.ly/mouse-robot-video>

Por último, les presentamos cómo funcionaba la placa Makey-Makey, qué usos podría tener y cómo integrarla curricularmente en el aula de clase con los estudiantes (figura 8).

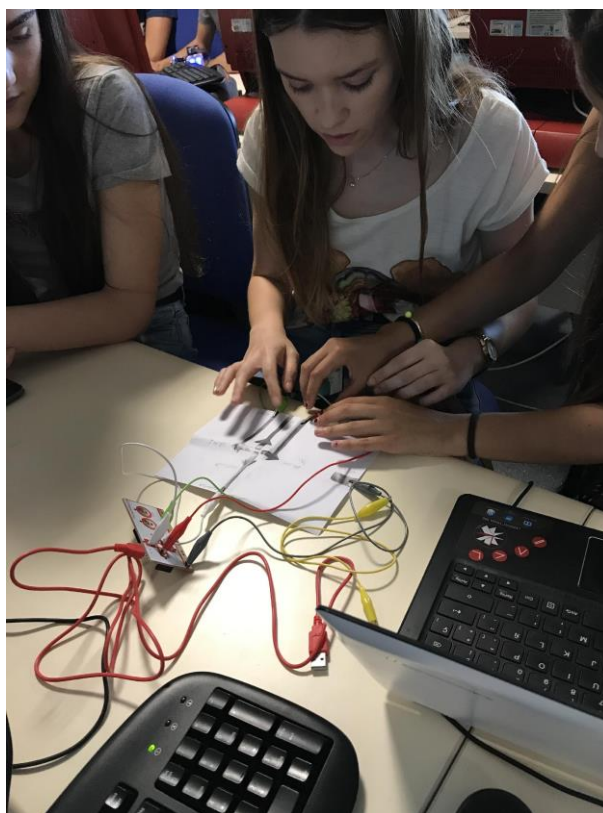


Figura 8. Estudiantes programando la placa Makey-Makey con Scratch.

La práctica con Makey-Makey consistió en dibujar unas flechas con lápiz (conductoras de la electricidad) y programar la placa para que cuando se tocaran las diferentes flechas sonara en el ordenador el instrumento musical asignado: tambor, platillos, etc.

#### **4. CONCLUSIONES**

Sin llegar a analizar aún los resultados de la encuesta de satisfacción que administramos al finalizar la actividad, se puede anticipar y llegar a la conclusión de que los estudiantes estaban encantados con haber podido interactuar con los robots y demás aplicaciones, llegándonos a decir que por qué no podíamos dedicarle más tiempo en las clases.

Por lo tanto, y llegados a este punto, nos planteamos ¿por qué los maestros/as deben tener conocimientos relacionados con la robótica?, primero porque pronto la sociedad necesitará bastantes trabajos relacionados con la programación y

las máquinas, todo ello impulsado por una humanidad tan altamente informatizada en la que vivimos, y que hace que muchas empresas estén acudiendo a los robots para el desarrollo de actividades logísticas o de mercado, tales como los robots asistenciales ya existentes en muchos hipermercados, etc. y en ellas se precisa mucha ingeniería.

La segunda justificación va ligada al desarrollo de competencias en materia educativa, tanto básicas como específicas y que se adquieren o refuerzan mientras se programa, entre ellas la motivación, la curiosidad, el interés, la participación, el trabajo colaborativo, el autoaprendizaje, el pensamiento crítico, la construcción compartida del conocimiento, el acceso a nuevos canales de información y conocimiento, el conocimiento aplicativo, la creatividad, la imaginación, el aprender a aprender, las destrezas en y con las TIC, y sobre todo la tolerancia a la frustración, entre otras.

Tanto la programación como la robótica son un mercado en expansión y cada vez más se están explotando desarrollos de nuevos y mejorados servicios y productos en áreas no solo como la fabricación, la búsqueda y rescate, la salud, vivienda, el transporte y la logística, el medio ambiente o la agricultura, sino también en la educación obligatoria, germen de donde saldrán los investigadores y futuros científicos del mañana.

Es evidente que la robótica parte de un punto de partida ventajoso para abordar con eficiencia las principales preocupaciones que nos afectan a todos, y es su transversalidad, ya que pueden involucrar a temas tan cotidianos como el cambio climático, el transporte sostenible, las energías renovables asequibles, la seguridad alimentaria y la seguridad, y por esto por lo que se debe esperar que la inversión en investigación e innovación aumente exponencialmente en estas áreas con la idea de mejorar las condiciones de vida de todos los ciudadanos.

## **5. REFERENCIAS**

- Acuña, A. L. (2012). Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas, *Revista Teoría de la Educación: Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(3), 6-27. Retrieved from: <http://hdl.handle.net/10366/121822>
- Agatolio F., Pivetti M., Di Battista S., Menegatti E. y Moro M. (2017) A Training Course in Educational Robotics for Learning Support Teachers. In: Alimisis D., Moro M., Menegatti E. (eds) *Educational Robotics in the Makers Era*. *Edurobotics 2016* 2016. *Advances in Intelligent Systems*

and Computing, vol 560. Springer, Cham. DOI:  
[http://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9\\_4](http://doi.org/10.1007/978-3-319-55553-9_4)

Alimisis, D. (2014). Educational robotics in teacher education: an innovative tool for promoting quality education. In Daniela, L., Lūka, I., Rutka, L. and Žogla, I. (2014). *Teacher of the 21st century: quality education for quality teaching*. Cambridge scholars publishing, 14-27.

Alimisis, D., Moro, M., Arlegui, J., Pina, A., Frangou, S., y Papanikolaou, K. (2007). Robotics y constructivism in education: the TERECOP project. In Proceedings of the 11th European Logo Conference. Comenius University, Bratislava.

An, S., y Lee, Y. (2014). Development of Pre-service Teacher Education Program for Computational Thinking. In *Proceedings of Society for Information Technology y Teacher Education International Conference 2014*.

Arlegui, J., Pina, A., y Moro, M. (2013). A PBL approach using virtual and real robots (with BYOB and LEGO NXT) to teaching learning key competences and standard curricula in primary level. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality* (pp. 323-328). New York, NY, USA: ACM. DOI: <http://doi.org/10.1145/2536536.2536585>

Artym, C., Carbonaro, M., y Boechler, P. (2017). Evaluating pre-service teachers' computational thinking skills in scratch. *Ubiquitous Learning*, 10(2), 43–65. DOI: <https://doi.org/10.18848/1835-9795/CGP/v10i02/43-65>

Atmatzidou, S., y Demetriadis, S. (2014). How to Support Students' Computational Thinking Skills in Educational Robotics Activities. *Proceedings of 4th International Workshop Teaching Robotics, Teaching with Robotics y 5th International Conference Robotics in Education*.

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

Bers, M. U. (2008). *Blocks to robots: Learning with technology in the early childhood classroom*. New York, NY: Teachers College Press.

- Bers, M. U. (2010). The tangibleK robotics program: applied computational thinking for young children. *Early Childhood Research y Practice*, 12(2). DOI: <https://doi.org/10.1007/s10758-017-9328-x>
- Bravo Sánchez, F. Á., y Guzmán, A. F. (2012). La robótica como un recurso para facilitar el aprendizaje y desarrollo de competencias generales. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(2), 120-136. Retrieved from: [http://campus.usal.es/~revistas\\_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9002/9247](http://campus.usal.es/~revistas_trabajo/index.php/revistatesi/article/view/9002/9247)
- European Commission (2017). Digital Single Market. Retrieved from <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/coding-21st-century-skill>
- Ferreira, J.-A., Ryan, L., y Davis, J. (2015). Developing Knowledge and Leadership in Pre-Service Teacher Education Systems. *Australian Journal of Environmental Education*. DOI: <http://doi.org/10.1017/aee.2015.24>
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., y Paris, A. H. (2004). School engagement: potential of the concept, state of the evidence. *Review of Educational Research*, 74(1), 59-109. DOI: <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Gorman, N. (2016). Teachers Want More Training Before Introducing Robots into the Classroom. Retrieved from: [http://www.educationworld.com/a\\_news/teachers-want-more-training-introducing-robots-classroom-1642632440](http://www.educationworld.com/a_news/teachers-want-more-training-introducing-robots-classroom-1642632440)
- Greenberg, J., McKee, A., y Walsh, K. (2013). Teacher prep review 2013 report. National Council on Teacher Quality. Retrieved from [http://www.nctq.org/dmsView/Teacher\\_Prep\\_Review\\_2013\\_Report](http://www.nctq.org/dmsView/Teacher_Prep_Review_2013_Report)
- Kim, C., Kim, M. K., Lee, C., Spector, J. M., y DeMeester, K. (2013). Teacher beliefs and technology integration. *Teaching and Teacher Education*, 29, 76-85. DOI: <http://doi.org/10.1016/j.tate.2012.08.005>.
- Kim, H., Choi, H., Han, J., y So, H. J. (2012). Enhancing teachers' ICT capacity for the 21st century learning environment: Three cases of teacher education in korea. *Australasian Journal of Educational Technology*, 28(6), 965-982. DOI: <https://doi.org/10.14742/ajet.805>

- Mataric, M. J., Koenig, N., y Feil-Seifer, D. (2007). Materials for enabling hands-on robotics and STEM education. In *Proceedings of AAAI Spring Symposium on robots and Robot Venues: Resources for AI Education*. Stanford, CA: American Association for Artificial Intelligence (AAAI).
- Osborne, R. B., Thomas, A. J., y Forbes, J. (2010). Teaching with robots: a service-learning approach to mentor training. In *Proceedings of the 41st ACM Technical Symposium on Computer Science Education* (pp. 172-176). New York, NY: Association for Computing Machinery (ACM). DOI: <https://doi.org/10.1145/1734263.1734321>
- Perritt, D. C. (2010). Including professional practice in professional development while improving middle school teaching in math. *National Teacher Education Journal*, 3(3), 73-76.
- Pittí, K. (2014) Hoy hablamos con Katia Pittí, experta en robótica educativa. DROIDE, 2014. Retrieved from <http://droidecomunidad.com/hoy-hablamos-con-kathia-pitti-experta-en-robotica-educativa/>
- Pittí, K., Curto, B., Moreno, V., y Rodríguez, M. J. (2013). Resources and features of robotics learning environments (RLEs) in Spain and Latin America. In *Proceedings of the First International Conference on Technological Ecosystem for Enhancing Multiculturality* (pp. 315-322). New York, NY, USA: ACM. DOI: <http://doi.org/10.1145/2536536.2536584>
- Quigley, C.F. y Herro, D. (2016). Finding the Joy in the Unknown: Implementation of STEAM Teaching Practices in Middle School Science and Math Classrooms. *Journal of Science Education and Technology*, 25 (3), 410-426. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10956-016-9602-z>
- Smith, M. (2016). Computer science for all. Retrieved from <https://www.whitehouse.gov/blog/2016/01/30/computer-science-all>.
- Sullivan, F. R., y Moriarty, M. A. (2009). Robotics and discovery Learning: pedagogical beliefs, teacher practice, and technology integration. *Journal of Technology and Teacher Education*, 17(1), 109-142. Retrieved from: <https://www.learntechlib.org/noaccess/26177/>
- Yadav, A., Mayfield, C., Zhou, N., Hambrusch, S., y Korb, J. T. (2014). Computational thinking in elementary and secondary teacher education. *ACM Transactions on Computing Education*, 14(1). DOI: <http://doi.org/10.1145/2576872>



