

PROGRAMACIÓN Y ROBÓTICA EDUCATIVA: ENFOQUE DIDÁCTICO-TÉCNICO Y EXPERIENCIAS DE AULA

AUTORES:

DR. FRANCISCO JOSÉ RUIZ REY

DR. PEDRO HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ

DR. MANUEL CEBRIÁN DE LA SERNA

UNIVERSIDAD DE MÁLAGA. GRUPO DE INVESTIGACIÓN GTEA-UMA

RESUMEN

En esta comunicación vamos analizar los antecedentes de la robótica, aproximándonos al concepto de robótica educativa. Posteriormente, haremos una semblanza de las teorías didácticas relacionadas con este tópico, junto con aspectos de carácter técnico relacionados con la programación y el pensamiento computacional. También analizaremos la situación de la robótica educativa y el pensamiento computacional en algunos países de nuestro entorno y en las distintas comunidades autónomas españolas, junto con instituciones universitarias, civiles y empresariales de nuestro país. Todo ello desde un enfoque académico en el que se recogen las aportaciones de diversos autores.

Palabras clave: *Pensamiento computacional, TIC, Educación, Robótica Educativa*

ABSTRACT

In this communication we will analyze the background of robotics, approaching the concept of educational robotics. Later, we will make a semblance of the didactic theories related to this topic, together with technical aspects related to programming and computational thinking. We will also analyze the situation of educational robotics and computational thinking in some countries around us and in the different Spanish autonomous communities, together with university, civil and business institutions in our country. All this from an academic approach in which the contributions of various authors are collected.

Keywords: *Computational thinking, ICT, Education, Educational Robotics*

1. ANTECEDENTES DE LA ROBÓTICA Y APROXIMACIÓN AL CONCEPTO DE ROBÓTICA EDUCATIVA

La robótica es la ciencia y la técnica involucrada en el diseño, fabricación y utilización de robots. Un robot es una máquina que puede programarse para

interactuar con objetos imitando el comportamiento humano o animal. Algunas disciplinas, como la electrónica, la informática, la mecánica y la ingeniería están relacionadas con la robótica, combinándose de forma activa con ésta. El objetivo principal de la robótica es construir dispositivos que funcionen de forma automática y que realicen trabajos difíciles para los seres humanos.

La robótica se relaciona con los entornos productivos e industriales y la industria militar, ahorrando costos y tiempos al automatizar procesos. El desarrollo de prototipos robóticos con carácter militar ha permitido la creación de máquinas de guerra no tripuladas, además de dispositivos de mapeo e identificación de espacios.

No podemos tampoco olvidar la importancia de la robótica en la exploración espacial (robots como Opportunity, Spirit, Curiosity, etc.) ni su relación con dispositivos de inteligencia artificial, además de sus aplicaciones en telemedicina y ámbitos de carácter doméstico mediante androides que realizan diferentes funciones.

El instituto Norteamericano de Robótica (RIA) define robot como “un manipulador multifuncional y reprogramable diseñado para mover materiales, piezas, herramientas o dispositivos especiales mediante movimientos programados y variables que permiten llevar a cabo diversas tareas” (Freedman, 1996). Otra definición de robot es “un mecanismo físico programable capaz de actuar para resolver problemas interactuando con su entorno de manera autónoma”.

En 1967 Seymour Papert creó el lenguaje de programación Logo con el objetivo de que los estudiantes pudieran aprender a programar desde edades tempranas en la escuela, desarrollando habilidades relacionadas con el pensamiento computacional para aprender de forma más eficiente conceptos matemáticos. En los años 70 y 80 muchas escuelas americanas incluían la programación como contenido a estudiar, pero esta práctica dejó de realizarse y se ha retomado recientemente gracias a la aparición de nuevos lenguajes de programación y dispositivos robóticos accesibles y amigables para los estudiantes y profesores. En la actualidad, la comunidad científica europea considera que las habilidades del pensamiento computacional deben ser recogidas en los currículos escolares y reconocidas con una importancia similar a las matemáticas y a la lengua. Como resultado de esta tendencia, 16 países europeos ya han integrado la programación en el currículo.

La robótica en ámbitos educativos es un recurso que facilita el desarrollo de competencias como la socialización, la creatividad y la iniciativa, todo ello debidamente contextualizado en el mundo actual. La robótica tiene un carácter multidisciplinar que genera ambientes de aprendizaje relacionados con problemas del mundo real, lo que permite al estudiantado imaginar y formular posibles soluciones y poner en marcha ideas nuevas de una forma motivadora (Aliane, 2007).

La robótica genera ambientes de aprendizaje que propician aprendizajes significativos y convierten las aulas en laboratorios de experimentación y exploración en los que el alumnado se plantea el cómo y el por qué de las cosas de su entorno. Estos ambientes involucran diversas áreas del conocimiento, tales como

las matemáticas, la física, la electrónica, la mecánica y la informática, proporcionando así un entorno integrador para los procesos de enseñanza (Barker, & Bradley, 2012; Benitti, 2012; Khine, 2017).

La robótica educativa constituye un motor para la innovación que produce cambios en las personas, en las ideas y actitudes, en las relaciones, modos de actuar y pensar de estudiantes y educadores.

2. DEFINICIÓN DE ROBÓTICA EDUCATIVA

La robótica educativa, también conocida como robótica pedagógica, es una disciplina que tiene por objeto la concepción, creación y puesta en funcionamiento de prototipos robóticos y programas especializados con fines pedagógicos (Ruiz-Velasco, 2007). Se trata de un sistema de enseñanza interdisciplinar que potencia el desarrollo de habilidades y competencias en el alumnado, generando aprendizaje a partir de la propia experiencia durante el proceso de construcción y robotización de objetos. La interdisciplinaridad se debe a que abarca conceptos relacionados con las áreas de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas lo que en inglés se conoce con las siglas STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics), así como áreas de Lingüística y también de Creatividad. En este sentido, los ambientes multidisciplinares de trabajo de la robótica educativa ayudan al desarrollo de nuevas habilidades y conceptos, fortaleciendo el pensamiento sistémico de los estudiantes. La creación de un dispositivo robótico implica conocimientos de mecánica, electricidad, electrónica e informática. En este sentido, es especialmente significativa la importancia de los entornos y lenguajes de programación para poder controlar el dispositivo robótico (Liang, Readle y Alder, 2006; Ruiz-Velasco, 2007).

En entornos educativos, la robótica educativa se puede analizar desde dos perspectivas: aprendizaje de la robótica y aprendizaje con robótica. A este respecto Malec (2001) nos habla de robótica en educación y robótica para la educación, presentando dos enfoques en los que el alumnado debe acceder al aprendizaje de la robótica y a la utilización de ésta en el aprendizaje de temáticas en diversas áreas del conocimiento. Este doble enfoque permite la construcción de proyectos educativos de aprendizaje significativo, que deben recoger objetivos, contenidos, metodología, estrategias de aprendizaje a aplicar, recursos físicos mínimos para el desarrollo de actividades y criterios de evaluación para valorar el grado de desempeño de los estudiantes.

En educación básica, secundaria y media, el uso de los robots en el aula se justifica para el aprendizaje de temas de diferentes áreas (Pinto, Barrera y Pérez, 2010), estimulando el acceso al conocimiento de temáticas difíciles de aprender y poco motivantes para su estudio. En estos contextos educativos, hay que generar ambientes interdisciplinares de aprendizaje que superen las meras experiencias extracurriculares, reconociendo la robótica como elemento articulador del conocimiento involucrado en diversas disciplinas. Consideramos, por tanto, que se debería incluir la robótica educativa en los planes curriculares de las diferentes

asignaturas, para así fortalecer los procesos de enseñanza-aprendizaje del estudiantado.

En entornos experimentales de carácter universitario, el aprendizaje de la robótica se debe desarrollar de forma interdisciplinar y fomentar el trabajo en equipo y el aprendizaje colaborativo mediante la integración de equipos que desarrollen trabajos de diseño, construcción y prueba de robots. Los equipos interdisciplinares o grupos de trabajo estarán conformados por estudiantes de diferentes niveles, programas y disciplinas académicas (Kitts y Quinn, 2004).

3. CUESTIONES DIDÁCTICAS DE LA ROBÓTICA EDUCATIVA. ENFOQUE PEDAGÓGICO

La robótica educativa, en su enfoque pedagógico, está relacionada con el aprendizaje por proyectos, el trabajo en equipo y la resolución de problemas, desarrollando al mismo tiempo la creatividad del alumnado. Las teorías pedagógicas sobre las que se sustenta son el constructivismo de Piaget (los aprendizajes en entornos “robotizados” facilitan y potencian el aprendizaje constructivista de los esquemas cognitivos formales, además de permitir extender las propuestas que Piaget desarrolló en el ámbito de las operaciones concretas al ámbito de las operaciones formales), el construccionismo de Papert (el aprendiz está especialmente motivado para realizar construcciones) y el conectivismo de Siemens (teoría de aprendizaje para la era digital en la que se producen situaciones de aprendizaje a través de conexiones dentro de las redes). El uso y aplicación de estas teorías de aprendizaje tienen como propósito desarrollar el pensamiento sistémico (Andrade, 2007), el desarrollo cognitivo, el desarrollo del pensamiento científico y la capacidad creativa e investigativa de los estudiantes.

En referencia al construccionismo de Papert, nos presenta una metodología de creación de contextos de aprendizaje en los que el computador adquiere un rol relevante para que los alumnos comprendan de forma natural cualquier materia. Se trata de colocar al alumnado en el centro del proceso, otorgándole un rol activo que le permita manipular y construir objetos (Miglino et al, 1999; Sánchez, 2004).

En un reciente estudio sobre la presencia de la programación, robótica y pensamiento computacional en el aula, se realizó un informe del MECD (2018) donde respondieron 351 docentes a nivel nacional, y donde se observó que el enfoque de preferencia era un tratamiento específico frente a un enfoque transversal de estas materias en el curriculum. Siendo las placas y robots más habituales Arduino, Lego (Wedo y Mindstorms), Mbots y Beebots; y el lenguaje preferido y más popular fue Scratch con más del 86 % de los encuestados. Algo interesante del informe consiste en comprobar que la mayoría de los docentes participantes se formaron de forma autodidacta.

Básicamente la robótica puede tener diferentes enfoques y aplicaciones, considerando que aún estamos en un proceso de descubrimiento y experimentación, ya se puede señalar algunas de sus aplicaciones más sobresalientes; como nos indica Mubin, Stevens, Shahid, Al Mahmud, & Dong,

(2013): en primer lugar sería el objeto de estudio de la misma tecnología del robot y la programación, en segundo lugar sería utilizar robots como mediador para el aprendizaje de otras materias como puede ser la ciencia, las matemáticas, etc. En tercer lugar se utilizan mucho robots para el aprendizaje de segundas lenguas, y por último y cuarto lugar se utilizan robots para el desarrollo cognitivo y afectivo de la infancia y la juventud. Estos autores sintetizan estas posibilidades para la lengua, la ciencia y la tecnología como podemos ver en las tablas nº 1 y 2.

Table 1
Example Case Studies Across Different Roles of an Educational Robot

	Tutor	Peer	Tool
Language	The robot helps students in remembering vocabulary [13]	When a student pronounces a word correctly, the robot says well done [9]	A student learns certain phrases in a non-native language by playing a game with a robot [12]
Science	The robot adapts the arithmetic exercises based on the performance of the student [29]	The robot and the student collaboratively solve exercises in a science class [30]	Sensors and actuators in the robot enable the students to learn about physics [31]
Technology	The robot discusses the difficulty of the programming task with the students	The robot plays a happy animation sound when the students successfully program the robot [10]	The students use LEGO Mindstorms NXT to learn about programming [32]

Table 2
Choice of Robots Across Subject Domains and Across Background Knowledge Required in Computing (Darker the Colour the more Computing Knowledge Is Required to Use/Interact with the Robot in that Cell)

Subject Type	Electronic Robotic Kit	Mechanical Robotic Kit	Humanoid Robot
Language		LEGO Mindstorms robots teach ROILA by playing games with children [12]	Robovie the humanoid robot teaches English [6]
Science	Students learn the principles of electronics by creating robots using the Boeobot multi function kit [35]	Students use the accelerometer of the Thymio robot to understand gravity [21]	Students learn physics by understanding the processes involved in humanoid kicking a ball [43]
Technology	Students learn programming while creating robots using Arduino [44]	Students enjoy a tangible method to learn programming using the Mindstorm robots [37]	University students learn about computer vision while implementing the Nao robot [45]

Por su parte, Mataric (2004) presenta tres características destacadas de la Robótica Educativa: (1) el *legado multidisciplinar*, proveniente del ámbito de la psicología, las ciencias de la educación y la inteligencia artificial; (2) el *posicionamiento específico de la robótica educativa entre las tecnologías de la información y la comunicación para la educación*, puesto que el potencial pedagógico del robot está estrechamente ligado a las modalidades de aprendizaje permitidas para un tipo específico de robot (Gaudiello & Zibetti, 2013), y (3) las *diversas combinaciones hardware/software que generan diferentes usos didácticos*, considerándose actualmente la estructura hardware/software como el eje básico

alrededor del cual se articulan el estatus, las modalidades de aprendizaje y las finalidades educativas

La siguiente tabla recoge tipos y funciones de los robots con sus status, finalidades educativas, modalidades de aprendizaje y finalidades educativas (Gaudiello & Zibetti, 2013).

Tableau 1

Types et fonctions des robots en relation avec leurs statuts, finalités éducatives et modalités d'apprentissage en éducation à la robotique et robotique éducationnelle.

Types and functions of robots along with their status, educational objectives and learning modalities in robotics education and in educational robotics.

Type de robot	Fonction du robot	Statut	Modalité d'apprentissage	Finalité éducative
<i>Éducation à la robotique</i>				
Robot mobile (e.g. Khepera)	Plateforme de construction et programmation	Objet	De	Maîtrise des mécanismes de contrôle
Bras robotique (e.g. Lynx Arm)	Plateforme de construction et programmation			Maîtrise des mécanismes de contrôle
Robot auto-reconfigurables (e.g. Hydra)	Plateforme de programmation par la construction (« program by building »)			Conception d'artefacts intelligents
Robot adaptatif (e.g. Psikharpax)	Plateforme de test des hypothèses de recherche			Études sur la robotique biomimétique
Animat (e.g. Furby)	Robot domestique			Apprentissage ludique de la robotique
<i>Robotique Éducationnelle</i>				
Humanoïde (e.g. Roboovie, Nao) Animat (e.g. Pleo)	Compagnon	Outil	Avec	Co-apprentissage, apprentissage des langues étrangères, remédiation.
Humanoïde (e.g. Irobi)	Assistant à l'enseignement	Outil	Par	Apprentissage multimodale
Kit Robotique (e.g. Lego Mindstrom NXT)	Matériel de scénarisation	Objet & outil	De & par	Apprentissage de compétences cognitives et métacognitives

Fuente: Gaudiello & Zibetti (2013)

Para los autores, entre las diferentes tipologías de robots, los kits de robótica en particular parecen presentar importantes posibilidades educativas. De hecho, la combinación de construcción y de programación hace de estos objetos una tecnología “con la que pensar” (Gaudiello & Zibetti, 2013, p.35). Su utilización en el ámbito escolar implica la adquisición y prevé la transferencia de competencias transversales, gracias al planteamiento de resolución de problemas. Además, se favorece el desarrollo de la metacognición cuando este enfoque es aplicado en materia de pensamiento computacional.

4. ENFOQUE TÉCNICO: PROGRAMACIÓN Y PENSAMIENTO COMPUTACIONAL

La fase de programación corresponde a las reglas del lenguaje de software y del uso de éste para el desarrollo de una interface adecuada que permita entregar instrucciones al dispositivo robótico de una forma simple y rápida. Esta fase implica un proceso de aprendizaje del software en la que el profesor tiene un rol más protagonista porque tiene que iniciar a su alumnado en el lenguaje de programación.

A continuación, proponemos lenguajes de programación y plataformas relacionadas con la robótica educativa y los videojuegos:

- Scratch. Se trata de un lenguaje de programación y una comunidad en línea donde los estudiantes pueden programar y compartir medios interactivos, historias, juegos y animaciones. Es una herramienta que ayuda a pensar de forma creativa, trabajar de forma colaborativa y razonar sistemáticamente. Scratch está diseñado y mantenido por el grupo Lifelong Kindergarten del Laboratorio de medios del MIT.
- Minecraft. Es un videojuego que constituye un potente entorno educativo, a través del cual se pueden impartir materias de carácter curricular.
- Legowedo. LEGOWeDo es la propuesta de LEGO Education para los más jóvenes. Permite construir modelos con sensores básicos y un motor que se conecta a los ordenadores, además de programar comportamientos con una herramienta simple, fácil y divertida para iniciarse en la robótica.
- Arduino. Plataforma de hardware de código abierto, basada en una sencilla placa con entradas y salidas, analógicas y digitales, y que es compatible con diferentes entornos de desarrollo de forma que permite adaptar su programación al nivel de conocimientos del usuario.
- Game Maker. Es una herramienta que permite profundizar en el desarrollo de videojuegos, utilizando código escrito en lenguaje GML.
- APPINVENTOR. Es un framework creado inicialmente por el MIT (Instituto tecnológico de Massachusetts), y que actualmente es una plataforma de Google Labs para crear aplicaciones de software para el sistema operativo Android. Permite crear aplicaciones para móviles, sin necesidad de tener conocimientos de programación y con una metodología visual que facilita el desarrollo de la aplicación.
- UNITY. Plataforma para la programación de videojuegos versátil y potente.

4.1 Principales aplicaciones para móviles para enseñar programación robótica

Algunas aplicaciones para móviles para la enseñanza de la robótica educativa son las siguientes:

- Lightbot Jr (4 o más años). Esta aplicación está protagonizada por un simpático robot que debe superar varios niveles. Sus acciones las componen iconos basados en arrastrar y soltar para programar. Los movimientos de

Lightbot Jr son muy simples: mover, girar, encender la luz y saltar. Tras insertar una serie de comandos en el panel, el robot se mueve iluminando los azulejos asignados. El niño debe encender las baldosas correctas para avanzar al siguiente nivel.

- The Foos (5 o más años). Esta aplicación consiguió el máximo galardón el Parents' Choice Gold Award por ser la aplicación favorita de los padres. La interfaz permite que los niños se diviertan aprendiendo a programar a través de una serie de entretenidas aventuras. Este sistema ayuda a que los niños desarrollen la lógica y el pensamiento algorítmico.
- Kodable (5 o más años). Se trata de un programa creado para que los profesores puedan enseñar a sus alumnos los fundamentos de la programación durante veinte minutos a la semana. Como es de esperar, su manejo es claro e intuitivo, con el objetivo de que su esencia se pueda captar de un solo vistazo y ese corto periodo de tiempo sirva para aprender.
- Scratch Jr. (5-7 años). Esta aplicación tiene muy en cuenta el desarrollo emocional y cognitivo de los niños más pequeños. La forma en que han sido diseñados los menús permiten una iniciación a la programación robótica bastante interesante. Sin embargo, es necesario mencionar que Scratch Jr. es poco intuitiva para alguien que no la conozca, por lo que se recomienda un proceso de supervisión inicial de un adulto.
- Daisy the Dinosaur (7 o más años). Daisy the Dinosaur es una de las aplicaciones más clásicas, conocidas y divertidas para aprender a programar. A los niños les encanta descubrir la función de cada movimiento al hacer una secuencia para que el personaje Daisy baile. El método de arrastrar y soltar es muy intuitivo. La aplicación es sencilla y totalmente recomendable.
- Cato's Hike (8 o más años). Cato's Hike es algo más compleja y elaborada que el resto de aplicaciones que se analizan en este artículo. La idea de este juego es programar los movimientos del protagonista con tarjetas de colores y banderas. Llega un momento en el que las conexiones de código se vuelven realmente complejas, con varios comandos para completar según qué acciones. A favor cuenta con que el trasfondo de la historia del juego es más interesante que en las otras aplicaciones mencionadas.

- Hopscotch (9 o más años). Hopscotch es una aplicación perfecta para empezar a programar. Su uso es verdaderamente intuitivo, puesto que no hay que escribir el código, sino que se arrastran bloques con código propio ya asignado. Los niños podrán diseñar sus propios escenarios y compartirlos con la comunidad de jugadores, además de probar los niveles de otros usuarios. Se sitúa como una herramienta muy útil para conocer los fundamentos de la informática.
- Tynker (9-11 años). Se trata de una aplicación para crear juegos utilizando la programación. Es tan intuitiva que los niños pueden aprender cómo funciona por sí solos, trasteando tan solo un poco con ella. Permite también controlar, por ejemplo, el robot Sphero, los drones Parrot o las luces de Philips.
- Mover la tortuga (9-11 años). En Mover la Tortuga, el niño debe indicar diferentes instrucciones a una tortuga mediante el uso de la programación. Consiste en superar niveles cuya dificultad aumenta, progresivamente, exigiendo más comandos de acción. Se trata de un buen método para que los niños aprendan y se adentren, sin darse cuenta, en fórmulas más complejas.
- Cargo-Bot (10 o más años). En este juego el objetivo es mover un brazo robótico cumpliendo diversas metas. Incluye algo muy simple que muy pocas otras aplicaciones de programación tienen: un selector de dificultad inicial. El niño puede empezar en un nivel alto directamente o en uno inferior, según sean sus capacidades y sus conocimientos previos.

5. EXPERIENCIAS DE AULA CON ROBÓTICA EDUCATIVA

La robótica educativa, al igual que la World Wide Web hace más de 25 años (Adell & Bellver, 1995), va implementándose en los distintos ámbitos pedagógicos, y necesariamente, también en el escolar.

Así, el trabajo de Komis & Misirli (2011) presenta un estudio de caso realizado en Grecia, en el aula de educación infantil, donde se refleja la experiencia llevada a cabo en siete escuelas infantiles. En ésta participan escolares entre 4 y 6 años que trabajan en su aula con el juguete programable Bee-bot. El alumnado, distribuido en equipos de cuatro a siete componentes, cuenta con un dispositivo por equipo (robot, tarjetas para programar el juguete y el software asociado), para que todos puedan manipular e iniciarse en los conceptos programación de tipo Logo. Los resultados de la investigación muestran que el juguete programable puede tener un potencial cognitivo para el desarrollo de competencias relativas a nociones matemáticas, al pensamiento algorítmico y a las estrategias de resolución de problemas. De este modo, el aprendizaje de los conceptos preliminares de programación es posible si éstos se contextualizan en un escenario pedagógico adecuado. Las autoras

sostienen que, en el aula de educación infantil, los juguetes programables son elementos motivadores que favorecen la activación de los estudiantes hacia el aprendizaje, y su implicación en las actividades enmarcadas en un contexto lúdico y lleno de significación (Misirli & Komis, 2016). Su posterior estudio muestra que la robótica supone el escenario educativo diseñado para promover la resolución de problemas de orientación y dirección de forma eficaz en este nivel educativo.

Existen también experiencias de robótica pedagógica en educación infantil, con una *perspectiva inclusiva*. La investigación de Traverso & Pennazio (2018) muestra una de uso de robots educativos, desarrollada en centros escolares en la ciudad de Liguria, Italia. En esta ocasión, el repertorio de dispositivos es más diverso, y el objetivo es apoyar y complementar las actividades lúdicas ordinarias para incentivar la adquisición de competencias sociales y comunicativas en todas las criaturas, incluyendo a las que tienen diversidad funcional y dificultades severas. A través de la narrativa y el juego se favorece que alumnado con diversidad funcional física y con autismo juegue entre sí y comparta momentos especiales a través de la mediación y la relación con el robot. Además, el dispositivo de robótica permite al profesorado superar la idea de las tecnologías como algo necesariamente relacionado con los ordenadores, y que considere ampliar sus límites educativos.

Barrera Lombana (2015) nos acerca a experiencias de aula en Educación Primaria, Atmatzidou & Demetriadis (2016) nos proponen experiencias en Educación Secundaria y Janiszek et al (2011) nos aportan experiencias en Educación Superior.

5.1 Situación en España de la robótica educativa y el pensamiento computacional

El análisis que sigue sobre la situación española de la robótica educativa y el pensamiento computacional se ha obtenido del informe “Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula” (MECD, 2018). En dicho informe se analizan aspectos legislativos relacionados con la programación, la robótica y el pensamiento computacional; propuestas normativas de las distintas comunidades autónomas; además de actuaciones autonómicas e iniciativas procedentes del mundo universitario, civil y empresarial. A continuación resumimos todos estos aspectos normativos, actuaciones e iniciativas mencionadas.

En la Ley Orgánica para la mejora de la calidad educativa se incide en las TIC (Tecnologías de la Información y Comunicación) como elemento transformador del sistema educativo, afirmándose que “el uso responsable y ordenado de estas nuevas tecnologías por parte de los alumnos y alumnas debe estar presente en todo el sistema educativo”.

En Educación Primaria el real Decreto 126/2014 de 28 de Febrero hace referencia al uso de las TIC en varias asignaturas troncales, aunque no concreta en aspectos relacionados con la programación, la robótica y el pensamiento computacional.

En Educación Secundaria y Bachillerato, el Real Decreto 1105/2014 de 26 de Diciembre sí recoge contenidos relacionados con la programación, la robótica y el

pensamiento computacional en asignaturas como la Tecnología de 4º de ESO, en Tecnologías de la Información y Comunicación (asignatura optativa), junto con Tecnología Industrial y Tecnologías de la Información y Comunicación de Bachillerato.

Las distintas comunidades autónomas recogen en sus normativas educativas de carácter autonómico contenidos relacionados con la programación, la robótica y el pensamiento computacional en la línea de lo que marca la normativa estatal. Además de estos contenidos, las comunidades autónomas realizan actuaciones para fomentar el uso de la programación, la robótica y el pensamiento computacional. Algunas de estas actuaciones son las siguientes:

- *Bitbot.cat*. La Secretaría de Telecomunicaciones, Ciberseguridad y Sociedad Digital de la Generalitat de Cataluña, en colaboración con el Departamento de Educación, impulsa el programa bitbot.cat que nace con la finalidad de promover la oferta extraescolar de actividades en el ámbito de la programación y la robótica. El objetivo del programa es impulsar la mejora de la competencia digital de los jóvenes y promover el aumento de las vocaciones tecnológicas. Las acciones de promoción que incluye el programa se centran en dar a conocer este tipo de actividades a las familias y al conjunto de la comunidad educativa a través de charlas en centros escolares. Además, la acción pretende capacitar monitores para conducir y desarrollar actividades de ocio basadas en la robótica y la programación con el objetivo de formalizar la oferta de monitores certificados.
- *CantabRobots*. Es un concurso-exhibición educativo de robótica entre el alumnado de centros educativos de Cantabria. Surge desde el Proyecto CantabRobots 3.0, grupo de trabajo del profesorado creado para generar materiales didácticos relacionados con el diseño 3D, la impresión 3D, la programación, la electrónica y la robótica en el área de Tecnología.
- *Código 21*. Es un proyecto de colaboración entre el Departamento de Educación, la Universidad Pública de Navarra y el Planetario, como centro de recursos y formación del profesorado para el desarrollo del pensamiento computacional.
- *El cable amarillo*. Es un programa de la Región de Murcia que pretende potenciar el razonamiento lógico-matemático de los estudiantes de ESO mediante el uso de estructuras básicas de la programación informática y la robótica. También pretende establecer espacios de intercambio y difusión de experiencias, además de potenciar la realización de proyectos colaborativos entre diferentes centros de la Región.
- *Escornabots*. Es un proyecto del Gobierno de Galicia que pretende estimular la iniciación del alumnado de Infantil y Primaria en el campo de la robótica y el lenguaje de programación a través de actividades manipulativas y otras, programadas desde la biblioteca escolar, mediante la utilización de pequeños robots, los Escornabots, diseñados dentro de un proyecto de hardware libre.

- *Impulsem la Robòtica*. Es un programa del Gobierno de la Generalitat de Cataluña orientado al trabajo por proyectos sobre la plataforma Arduino. El objetivo es que los alumnos trabajen desde una perspectiva abierta y activa, en plataformas abiertas bajo el concepto de software y hardware libre. Está dirigido a estudiantes de 4º de ESO en la asignatura de Tecnología utilizando un kit que incluye componentes electrónicos, dispositivos de control y elementos mecánicos.
- *Retotech*. Es un certamen realizado en colaboración entre el Gobierno de la Comunidad de Madrid y Fundación Endesa, cuya finalidad es impulsar proyectos que transformen e innoven la educación de los más jóvenes, a través de la programación y la robótica.
- *Robotet*. Es un concurso anual dirigido a estudiantes de Secundaria y Ciclos Formativos que se realiza en el Instituto de Educación Secundaria José Rodrigo Botet de la Comunidad Valenciana, cuya finalidad es estimular la capacidad del alumnado para desarrollar algoritmos de programación y análisis estructural de robots.
- *RobotiB*. La Consellería de Educación y la Universidad de las Islas Baleares ha lanzado el Programa de Formación y Transferencia RobotiB para el curso 2017-18. Se trata de una iniciativa que pretende potenciar la introducción de la robótica entre los alumnos de ESO, tanto en el área de tecnología como en el trabajo por proyectos, a través de una formación inicial del profesorado, el diseño de un proyecto de transferencia y de aplicación durante el curso y el seguimiento del impacto formativo en los alumnos.
- *Scratch Challenge*. Es una iniciativa del Gobierno de la Generalitat de Cataluña que permite trabajar el pensamiento computacional en las aulas de los diferentes centros escolares, cuyo objetivo es estimular la creatividad del alumnado y fomentar la curiosidad por aprender. Está dirigido al ciclo superior de Primaria y a 1º y 2º de ESO.
- *TIC-STEAM*. Es un proyecto patrocinado por la Consejería de Educación de Castilla y León que pretende fomentar las competencias STEAM mediante la utilización de técnicas de programación y la robótica para la resolución de pequeños retos de aprendizaje, utilizando como medio transmisor las tecnologías de la información y la comunicación. Se trata de un proyecto en el que participan profesores de Primaria y que favorece la creatividad y el trabajo colaborativo.
- *Toolbox*. Se trata de un proyecto de software libre del profesor de Francisco Vico, profesor de Informática de la Universidad de Málaga que ha desarrollado una herramienta para aprender a programar. Es un entorno de desarrollo que permite introducir la programación de ordenadores en asignaturas sin competencias informáticas, partiendo de la premisa de que el alumno, al resolver un problema, realiza cálculos en una secuencia determinada y puede expresarlo en un lenguaje informático sencillo.

También existen iniciativas procedentes del ámbito universitario, civil y empresarial. A continuación mencionamos algunas de ellas:

- *Bitbloq*. Es una plataforma para el aprendizaje y enseñanza de la programación y la robótica con tecnología Arduino.
- *bMaker*. Es una plataforma digital para el aprendizaje/enseñanza de la programación, la robótica y la impresión 3D. Está dirigida a estudiantes entre 8 y 15 años, fácil de implementar y con una plataforma de gestión para los docentes de carácter digital.
- *CLOQQ-EVERIS*. Es una iniciativa social de fun-learning para que los niños den rienda suelta a su imaginación y comprendan mejor el mundo que les rodea a través de tecnologías creativas. Es el acrónimo de “Crea Lo Que Quieras” y ofrece tanto actividades presenciales como online.
- *Creando Código-Telefónica Educación Digital*. Se trata de una oferta formativa tecnológica para docentes a través de Scolartic, cuyo objetivo es que el profesorado adquiera competencias como la colaboración, la comunicación, la creatividad, el pensamiento crítico y la resolución de problemas a través de la tecnología. Pretende ayudar al profesorado a incorporar la Robótica, la Programación y la Impresión 3D en el currículo escolar, formando a los docentes y aportando recursos didácticos
- *DIWO*. Es una plataforma de recursos educativos gratuitos y libres de programación, robótica e impresión 3D. Incluye cursos de formación gratuitos sobre Scratch, AppInventor, Arduino, Bitbloq, FreeCad, etc.
- *Grupo KGBL3*. Es un grupo formado por investigadores de la Universidad Rey Juan Carlos y la Universidad de Educación a Distancia. Este grupo ha desarrollado diversas investigaciones que muestran que el desarrollo del pensamiento computacional a través de la programación tiene un impacto positivo en el aprendizaje de distintas disciplinas, como las matemáticas, los idiomas, las ciencias o la narrativa.
- *Institución Educativa SEK*. Esta institución tiene seis colegios en España, tres en el extranjero y la Universidad Camilo José Cela. Los colegios SEK trabajan de forma sistemática la programación, la robótica, la impresión 3D y el trabajo por proyectos con distintos tipos de electrónica asociada (Arduino, Raspberry Pi, etc.) con vocación de servicio a la comunidad y a la resolución de problemas.
- *MICROSOFT*. Desde Microsoft se quiere apoyar a los profesores en la construcción de investigaciones basadas en proyectos que incorporen el pensamiento computacional y de diseño en sus clases. En ese sentido destacan dos proyectos: Hacking STEM y Make Code.
- *Programamos*. Es una asociación sin ánimo de lucro cuyo objetivo fundamental es promover el desarrollo del pensamiento computacional desde edades tempranas a través de la programación de videojuegos y aplicaciones para móviles en todas las etapas escolares, desde Educación Infantil hasta la Universidad.

- *SCIE*. La Sociedad Científica Informática de España (SCIE) propone la inclusión de una asignatura denominada educación Informática, de carácter obligatorio desde Educación Primaria hasta Bachillerato. Según esta sociedad esta materia debe reglarse legislativamente detallando sus contenidos, los criterios de evaluación y los estándares de aprendizaje evaluables.
- *UdigitalEdu*. Es un grupo de investigación de la Universidad de Girona formado por investigadores de diferentes áreas como Pedagogía, Ingeniería, Bellas Artes y Física, inscritos en dos institutos de investigación, el Instituto de Investigación Educativa y el Instituto de Visión por Computador y Robótica (VIROCOB). El objetivo de este grupo de investigación es la intervención, la innovación y la investigación en el ámbito TIC y Educación, desde un punto de vista multidisciplinar y transversal. Uno de los elementos vertebradores de su acción de transferencia, docencia e investigación es el Pensamiento Computacional con un enfoque didáctico.

A modo de conclusiones sobre la situación de la enseñanza de la programación, la robótica y el pensamiento computacional en nuestro país, podemos decir lo siguiente:

- Varias comunidades Autónomas están comenzando a incluir contenidos sobre programación, robótica y pensamiento computacional en diferentes asignaturas, especialmente en Educación Secundaria (aunque en la mayoría de los casos se trata de asignaturas optativas).
- Las Comunidades Autónomas, el MECD y empresas y organizaciones sin ánimo de lucro, están ofreciendo modalidades de formación y recursos educativos sobre programación, robótica y pensamiento computacional de forma gratuita para el profesorado.
- Las investigaciones realizadas por diferentes universidades sobre el uso educativo de la programación, la robótica y el pensamiento computacional ofrecen una valiosa información para ayudar a las administraciones educativas a tomar decisiones acertadas en la adecuada implementación de la robótica y el pensamiento computacional en los entornos escolares.

6. BIBLIOGRAFÍA

Adell, J., & Bellver, C. (1995). La internet como telaraña: el World-Wide Web. *Métodos de información*, 2(3), 25-32.

Aliane, N.; Bemposta, S.; Fernández, J. y Egido V. (2007). Una experiencia práctica de aprendizaje basado en proyecto en una asignatura de robótica. Recuperado de <http://bioinfo.uib.es/~joemiro/aenui/procJenui/Jen2007/alunae.pdf>

- Andrade, H. (2007). *Pensamiento Sistémico: Diversidad en búsqueda de Unidad*. Bucaramanga: Ediciones Universidad Industrial de Santander.
- Atmatzidou, S., & Demetriadis, S. (2016). Advancing students' computational thinking skills through educational robotics: A study on age and gender relevant differences. *Robotics and Autonomous Systems*, 75, 661-670.
- Barker, & Bradley, S. (2012). *Robots in K-12 Education: A New Technology for Learning: A New Technology for Learning*. IGI Global. Retrieved from <https://market.android.com/details?id=book-DDnH8uoEYIIC>
- Barrera Lombana, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11).
- 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>
- Freedman, A. (1996). *Diccionario de computación* (7 ed.). México: Mcgraw-Hill.
- Gaudiello, I., & Zibetti, E. (2013). La robotique éducationnelle: état des lieux et perspectives. *Psychologie française*, 58(1), 17-40.
- Janiszek, D., Pellier, D., Mauclair, J., Laetitia, B. H., Baron, G. L., & Parchemal, Y. (2011). Utilisation de la robotique pédagogique pour enseigner l'intelligence artificielle: une expérience d'approche par projet auprès d'étudiants en informatique. *Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication pour l'Éducation et la Formation (STICEF)*, 18.
- Khine, M. S. (2017). *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience*. Springer. Retrieved from <https://market.android.com/details?id=book-vE8sDwAAQBAJ>
- Kitts, C. y Quinn, N. (2004). An Interdisciplinary Field Robotics Program for undergraduate Computer Science and Engineering Education. *ACM Journal on Educational Resources in Computing*, 4(2), 1-22.
- Komis, V., & Misirli, A. (2011, October). Robotique pédagogique et concepts préliminaires de la programmation à l'école maternelle: une étude de cas basée sur le jouet programmable Bee-Bot. In *Sciences et technologies de l'information et de la communication en milieu éducatif: Analyse de pratiques et enjeux didactiques*. (pp. 271-281). Athènes: New Technologies Editions.
- Liang, W.; Readle, J.C. y Alder, C. (2006). Teaching robotics to cybernetics students. *International Journal of Electrical Engineering Education* 43(4): 358-368.

- Malec, J. (2001). Some thoughts on robotics for education. *Proceeding of American Association of Artificial Intelligence Symposium on Robotics and Education*. Lund University.
- Mataric, M. J. (2004, March). Robotics education for all ages. In *Proc. AAAI Spring Symposium on Accessible, Hands-on AI and Robotics Education*.
- MECD. (2018). Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula. Retrieved from <https://goo.gl/UDGMfF>
- Miglino, O; Cardacci, M. y Palacios, J. (1999). *Desarrollo psicológico y educación*. El Libro universitario/ Alianza Editorial. Madrid: Alianza Editorial.
- Misirli, A., & Komis, V. (2016). Construire les notions de l'orientation et de la direction à l'aide des jouets programmables: Une étude de cas dans des écoles maternelles en Grèce. *L'École primaire et les technologies informatisées: Des enseignants face aux TICE*, 17.
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., & Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*, 1(209-0015), 13. Retrieved from <http://www.actapress.com/Abstract.aspx?paperId=43268>
- Pinto, M., Barrera, N. y Pérez, W. (2010). Uso de la robótica educativa como herramienta en los procesos de enseñanza. *Ingeniería, Investigación y Desarrollo (12+D)*, 15-23.
- Ruiz Velasco, E. (2007). *EDUCATRÓNICA: Innovación en el aprendizaje de las ciencias y la tecnología*. UNAM. [ISBN 978-84-7978-822-3](https://doi.org/10.1016/S0378-4266(07)00033-3).
- Sánchez, M. (2004). Ambientes de Aprendizaje con Robótica Pedagógica. Tecnologías de la Información y Comunicaciones para la Enseñanza Básica y Media. Disponible en <http://www.eduteka.org/RoboticaPedagogica.php>
- Traverso, A., & Pennazio, V. (2018). Bambini, robot: esperienze educative di gioco e di relazione. *RELAdeI. Revista Latinoamericana de Educación Infantil*, 2(3), 191-207.
- Vega-Moreno, D., Solé, X. C., Rueda, M. J., & Llinás, D. (2016). Integración de robótica educativa de bajo coste en el ámbito de la educación secundaria para fomentar el aprendizaje por proyectos. *IJERI: International Journal of Educational Research and Innovation*, (6), 162-175.