

LOS ROBOTS EN EL AULA: UNA MANERA DIFERENTE DE APRENDER A PROGRAMAR

Pedro A. Willging

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad Nacional de La Pampa.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA DE LA PROPUESTA

Vivimos en un mundo progresivo e inexorablemente digitalizado donde aprender acerca de las tecnologías digitales es aprender acerca de cómo funciona el mundo y más aún, de cómo será el futuro. Hoy en día, un entusiasta de la electrónica puede crear su propio robot con plaquetas controladoras, sensores, cámaras y otros componentes de bajo costo disponibles en el mercado. Las iniciativas de software y hardware abierto permiten la creación de artefactos innovadores.

La mayoría de los cursos de ingeniería, física y ciencias de la computación se enfrentan con grandes desafíos para lograr que sus estudiantes se involucren activamente en su aprendizaje, porque en muchos casos los acercamientos a esas ciencias se hacen de un modo altamente técnico/teórico o desconectado de las aplicaciones prácticas. Obtener metodologías de enseñanza innovadoras y recursos para el desarrollo de actividades curriculares en esos cursos, tanto a nivel de colegios secundarios como universitarios, es muy importante y valioso para quienes están comprometidos en la mejora de la educación. Dentro de las más recientes innovaciones, la robótica aplicada a la educación está adquiriendo el estatus de herramienta relevante para el aprendizaje (Pitti Patiño, Curto Diego, Moreno Rodilla y Rodríguez Conde, 2014). La robótica se está convirtiendo rápidamente en una parte integral del curriculum escolar, con su habilidad de integrar un amplio rango de áreas como Física, Tecnología, Mecánica, Computación, Matemática y Ciencias Naturales.

Weinberg y Yu (2003) atribuyen el éxito de la robótica en educación a una combinación de factores. En primer lugar, porque los robots proveen una experiencia física, tangible, son la materialización de las computadoras, los estudiantes pueden diseñar, explorar, hipotetizar acerca de cómo funcionan los mecanismos del robot, verificar y validar sus suposiciones. Otra razón para el éxito es la caída en los costos de los dispositivos necesarios para crear un robot. Tanto las partes mecánicas como los sensores y plaquetas controladoras están ahora disponibles en el mercado a costos accesibles aún para escuelas con bajo presupuesto.

La investigación y desarrollo de robots para educación se inicia a partir de las experiencias con diversos artefactos introducidos en cursos universitarios a mediados de los años 90, lo que da lugar a lo que se denomina robótica educativa (Kumar, 2004). Haciendo un análisis de cómo se utiliza la robótica en educación, Malec (2001) la clasifica en "Robótica en educación" y "Robótica para la educación". En un caso, se trata de convencer a los estudiantes de que además de ingeniería y ciencia, los robots son divertidos. En el otro, se considera a la robótica como una herramienta útil en el proceso educativo, para enseñar temas diversos. En este sentido, una manera de aprender con robots es a partir del diseño y construcción de aparatos robóticos, utilizando software para el control y la simulación de los robots, y además con estrategias de motivación en los estudiantes (Lopez Ramirez y Andrade Sosa, 2013).

Dentro de las teorías pedagógicas que fundamentan la utilización de robots para el aprendizaje, se encuentran el constructivismo (Piaget, 1972), y más específicamente el construccionismo, una derivación de la anterior (Papert, 1980). Estas teorías argumentan que el conocimiento se elabora en la mente del que aprende a partir de la manipulación de objetos tangibles, que tengan significado para ellos. Otro sustento pedagógico para la utilización de los robots en la escuela, es el hecho de que estos recursos conducen de manera natural al aprendizaje por descubrimiento. En este enfoque, los estudiantes construyen conocimiento por sí mismos, generalmente guiados por el docente (Bruner, 1966), y en contraposición al modelo de enseñanza trasmisivo de información. Se requiere aquí, de un rol activo de parte de los estudiantes (Martínez y Zea, 2004). Desde esta perspectiva, Eleizalde, Parra, Palomino, Reyna y Trujillo (2010) afirman que la enseñanza por descubrimiento provee a los estudiantes con “oportunidades para manipular activamente objetos y transformarlos por la acción directa, así como actividades para buscar, explorar y analizar. Estas oportunidades, no solo incrementan el conocimiento de los estudiantes acerca del tema, sino que estimulan su curiosidad y los ayudan a desarrollar estrategias para aprender a aprender, descubrir el conocimiento, en otras situaciones” (p. 272).

Existen varios productos de robótica educativa disponibles en el mercado. Algunas de las empresas que los comercializan son LEGO Education (<https://education.lego.com>), Fischertechnik (<http://www.fischertechnik.de/en/Home.aspx>), Robot Group (<http://www.robotgroup.com.ar>), y Robotis Kids Lab (<http://www.robotiskidslab.com/>). Se ofrecen distintas opciones de robots: desde algunos muy simples que ejecutan una sola actividad o movimiento, hasta otros más complejos, a los cuales se les puede agregar sensores de movimiento, dispositivos de ultrasonido, pequeños parlantes y micrófonos, servo-motores y poleas u otros componentes mecánicos. También pueden armarse los robots por medio de kits Arduino, ensamblando los componentes necesarios, esto es plaquetas controladoras, servo-motores y sensores diversos. “Arduino es una plataforma de prototipos de código abierto que se basa en hardware y software fácil de usar. Las placas Arduino pueden leer entradas – luz en un sensor, un dedo en un botón, o un mensaje de Twitter – y convertirlo en una salida – activando un motor, encendiendo un LED, publicando algo en línea. Se le puede decir a la plaqueta que hacer enviándole una serie de instrucciones al microcontrolador de la placa. Para ello se usa el lenguaje de programación Arduino (basado en Wiring), y el Software Arduino (IDE), basado en Processing.” (texto traducido del sitio web <https://www.arduino.cc>)

Se sugiere utilizar Arduino en un espacio educativo debido a las siguientes cuestiones: es fácil de armar, hay muchos proyectos de código abierto para ver en Windows, Linux, y Mac, las piezas electrónicas son de bajo costo, el software es gratuito, los estudiantes pueden hacer prototipos rápidamente y programarlos en varios lenguajes, incluyendo C (Jamieson, 2010). Tanto para los kits comerciales armados como para el hardware abierto, los robots se pueden programar por medio de una interfaz gráfica, un software que genera el código que luego se carga en la plaqueta controladora por medio de una conexión por cable o inalámbrica.

SECUENCIA DE ACTIVIDADES DE ENSEÑANZA Y APRENDIZAJE REALIZADA

Para contextualizar las condiciones que sitúan la experiencia educativa-investigativa, se desarrolló en un curso universitario introductorio de programación, requerido para los estudiantes de grado de la Licenciatura en Física. El curso tiene una matrícula de entre 5 y 10 estudiantes por año. En cada ciclo lectivo se explora la implementación de modos alternativos para el desarrollo de actividades áulicas. El objetivo central de las innovaciones metodológicas es lograr que los estudiantes se involucren activamente con su propio aprendizaje y al mismo tiempo, lograr un clima de aprendizaje lúdico y creativo. Los estudiantes tienen clases en el laboratorio de computación, donde cada uno trabaja en alguno de los equipos disponibles (PCs) o bien en sus propias computadoras portátiles. Además de las clases semanales presenciales, cuentan con el complemento de un espacio en el campus virtual de la Facultad, al que acceden desde sus hogares a los materiales, la ejercitación, y consultas por medio de un foro de comunicación.

Se propone entonces a los estudiantes una actividad en la cual tienen que experimentar con un robot programable. Se utilizan dos robots: el Modulo N6 y el kit N8 ambos productos de Robot Group (Figura 1). Estos robots están equipados con un controlador DuinoBot compatible con Arduino, y puede ser programado con un entorno gráfico miniBloq-Minibloq es un ambiente gráfico de programación para Multiplo™, Arduino™, dispositivos computacionales físicos y robots (Figura 2).

El lenguaje de programación del robot, si bien tiene particularidades relacionadas con el movimiento de las ruedas, los sensores de distancia, los LEDs o los sonidos que emite la placa que lo controla, es muy próximo al lenguaje de programación C con el que los estudiantes ya están familiarizados al momento en que se encuentran con el robot. Se pide a los estudiantes que hagan programas sencillos para hacer “funcionar” al robot como parte de su proyecto final de curso. Es así que los estudiantes son provistos con el robot, los manuales de armado en formato digital y un tutorial básico para que ellos mismos investiguen su funcionamiento y testeen una batería de programas incluidos en el mismo. Esta actividad se realiza en formato grupal, con todos los estudiantes participando de modo colaborativo.

En los tres años que se ha completado esta actividad con los robots, los estudiantes han creado distintos programas que demuestran las capacidades del robot y diferentes niveles de complejidad en el código elaborado. En un caso, los estudiantes prepararon un programa para que el robot realice un circuito en un recorrido sobre una pista que ellos mismos armaron (Figura 5 y 6), en otra oportunidad, utilizaron los sensores infrarrojos para manejar el robot mediante un control remoto. En cada nueva edición, se van agregando desafíos más elaborados (utilizando otros sensores, armando un robot con más piezas, etc.), ya que los estudiantes conocen las experiencias de los cursos del año anterior. El trabajo se propone en tres semanas para armar y experimentar con el robot, y para elaborar una actividad en la cual demuestran el código que han programado. Luego de hacer algunos ajustes de acuerdo a los comentarios en la clase, se hacen demostraciones en las jornadas de ciencias que realiza la Facultad. Estas jornadas son eventos periódicos en los cuales se ofrece a la comunidad - estudiantes de las escuelas de nivel primario y secundario- actividades de demostración de lo que se realiza en los laboratorios y cátedras de la institución (Figura 3). Así, los estudiantes presentan y explican el funcionamiento del robot y el código que lo controla a otros estudiantes y público que asiste a la jornada científica.

Figura 1: Los robots y sus kits para armarlos (ver <http://www.robotgroup.com.ar/>).



Figura 2: Código para programar a los robots (<http://blog.minibloq.org/>).



Figura 3: Los estudiantes experimentando con la programación en las Jornadas de Ciencia en la Facultad.



Figura 4: Demostraciones para los estudiantes en el colegio.



Figura 5: Pista y robot dispuestos para la demostración.



Figura 6: Demostración del robot programable.



REFLEXIONES FINALES

La utilización de estrategias y herramientas que generan innovación en el desarrollo de la curricula, en general, despiertan el interés y motivan de manera notable a los estudiantes, y también a sus docentes. Así ha sido el caso de esta experiencia, cuya evaluación, tanto a nivel de habilidades y destrezas adquiridas para la programación, como asimismo de estrategias de sociabilización y comunicación, ha sido altamente positiva. El enfoque innovador aplicado marca un alejamiento con los métodos tradicionales de enseñanza de la programación, no solo porque se utilizan recursos diferentes, sino porque se centra más en los intereses de los estudiantes, que toman decisiones mientras aprenden. En este formato de aprendizaje de la programación, son los estudiantes los que definen el alcance de sus proyectos demostrativos de lo que han aprendido. En todas las experiencias, los estudiantes han invertido una gran cantidad de tiempo extra en el desarrollo de las actividades, por propia voluntad y como resultado de su interés y entusiasmo. Se generan instancias de aprendizaje autónomo, donde los estudiantes discuten y deciden por sí mismos las estrategias de resolución de los problemas y desafíos que les plantea el armado, funcionamiento y programación de los elementos de robótica que emplean.

Si bien en esta actividad se ensayó con robots para el aprendizaje de programación, la robótica educativa no se limita en modo alguno a la informática o las ciencias de la computación. Tanto el uso de robots como de componentes y sensores digitales, pueden ser empleados para elaborar secuencias y actividades de aprendizaje para áreas tales como la física, química, biología, mecánica e ingeniería, entre otras. Con un poco de creatividad e ingenio, es factible recrear experimentos de domótica, que involucran sensores de movimiento y cronómetros, o medidores de temperatura, presión y ph que se pueden ensamblar como dispositivos para demostraciones de fenómenos físico-químicos y de la naturaleza. Con celdas fotosensibles y cargadores de energía solar, se logran diseñar experimentos para estudiar energías alternativas y eco-amigables. Estos dispositivos se manejan con plaquetas controladoras similares a las utilizadas por los robots, con lo cual son actividades próximas en cuanto a su desarrollo y puesta a punto en lo técnico. En cada caso lo que sería diferente, es el marco conceptual y las competencias propias de cada área de conocimiento que enmarcan su empleo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Bruner, J. (1966). *Toward a Theory of Instruction*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Eleizalde, M.; Parra, N.; Palomino, C.; Reyna, A. y Trujillo, I. (2010). *Aprendizaje por descubrimiento y su eficacia en la enseñanza de la Biotecnología*. *Revista de Investigación*, 34(71), 271-290. Recuperado el 28 de abril de 2016, de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1010-29142010000300014&lng=es&tlng=es.
- Jamieson, P. (2010). *Arduino for teaching embedded systems. Are computer scientists and engineering educators missing the boat?*. *Proceedings de la 11ma Conferencia Internacional en Fronteras en Educación: Ciencias de la Computación e Ingeniería Computacional*, 289-294. Recuperado el 23 de abril de 2016, de http://www.users.miamioh.edu/jamiespa/html_papers/fecs_11.pdf
- Kumar, D. (2004). *Introduction to Special Issue on Robotics in Undergraduate Education*. ACM

Journal on Educational Resources in Computing, 4(2).

López Ramírez, P.A. y Andrade Sosa, H. (2013). Aprendizaje de y con robótica, algunas experiencias. *Revista Educación*, 37(1), 43-63, Recuperado el 2 de mayo de 2016, de <http://www.revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/10628/10298>

Malec, J. (2001). *Some thoughts on robotics for education*. *Proceeding of American Association of Artificial Intelligence Symposium on Robotics and Education*. Lund University. Recuperado el 6 de junio de 2016, de http://fileadmin.cs.lth.se/cs/Personal/Jacek_Malec/psfiles/aaai01rae.pdf

Martínez, E.R. y Zea, E. (2004). Estrategias de enseñanza basadas en un enfoque constructivista. *Revista Ciencias de la Educación*, 2(24), 69-90.

Papert, S. (1980). *Mindstorms. Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic books.

Piaget, J. (1972). *Intellectual development from adolescence to adulthood*. *Human Development*, 15, 1-12.

Pittí Patiño, K.; Curto Diego, B.; Moreno Rodilla, V. y Rodríguez Conde, M.J. (2014). *Uso de la Robótica como herramienta de aprendizaje en Iberoamérica y España*. *VAEP-RITA*, 2(1), 41-48. Recuperado el 18 de marzo de 2016, de <http://rita.det.uvigo.es/VAEPRITA/201403/uploads/VAEP-RITA.2014.V2.N1.A8.pdf>

Weinberg, J.B. y Yu, X. (2003). *Robotics in education: Low-cost platforms for teaching integrated systems*. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 10(2), 4-6.

Sugerencias metodológicas para llevar esta propuesta al aula

Existen varias alternativas para el desarrollo de la secuencia de actividades que se ha indicado aquí tanto a nivel de los recursos de equipamiento (robots) como el software utilizado para programarlos. Además de los kits que se comercializan, que ya vienen listos para armar y utilizar, es posible crear los robots propios a partir de plaquetas, componentes y sensores que se pueden comprar en comercios de electrónica (o por la Web). En cuanto al software, hay cada vez más opciones, ya sea adaptaciones de los programas que se ofrecen con los robots comerciales, o nuevos ambientes de desarrollo. Al encarar este tipo de proyecto, es decir introducir los robots en el aula, es importante planificar con tiempo y testear de antemano tanto el equipamiento como el espacio físico donde se desarrollará la actividad. Hay que asegurarse de que al menos "algo" va a funcionar, pues si se dedica mucho tiempo al armado de un robot y luego no se logra que reaccione a lo que se le programa, se genera mucha frustración. De cualquier modo, es normal que surjan problemas con los componentes, los servomotores, los sensores, etc., lo importante es que se logre detectar donde se originan las dificultades técnicas y avisorar posibles soluciones. El grupo-clase es preferible que no sea muy grande, de modo que el o los docentes a cargo tengan tiempo suficiente para dedicarles a los estudiantes con las preguntas que surgen.

PARA SEGUIR LEYENDO...

Un par de lecturas donde se puede ahondar en el modo de integrar los robots en el aula e investigar su efecto en el aprendizaje y que recomiendo son:

Vega-Moreno, D.; Cufí Solé, X.; Rueda, M. J. y Llinás, D. (2016). Integración de robótica educativa de bajo coste en el ámbito de la educación secundaria para fomentar el aprendizaje por proyectos. *International Journal of Educational Research and Innovation*, 6, 162-175. Recuperado 9 de junio de

2016: <https://www.upo.es/revistas/index.php/IJERI/article/view/1653>

Barrera Lombana, N. (2015). Uso de la robótica educativa como estrategia didáctica en el aula. *Praxis & Saber*, 6(11), 215-234. Recuperado 9 de Junio de 2016: <http://www.scielo.org.co/pdf/prasa/v6n11/v6n11a10.pdf>

SITIOS WEB RECOMENDADOS

Un sitio web español, <http://olmedarein7.wix.com/roboticainfantil>, donde se detalla la manera en que una escuela participa de un proyecto de integración de robots en la educación inicial.

Otro sitio que puede ser útil para quienes quieran experimentar con robots en el aula es: <https://www.makeblock.es/>, allí encontrarán kits para armar los robots, instrucciones y tutoriales, además del software para programarlos.