

# Una experiencia de clase con hardware (robots programables) y software (programación por bloques) llevada a cabo con futuros profesores de Educación Secundaria de matemáticas

Eugenio Roanes Lozano<sup>1</sup>, Carolina Fernández-Salineró<sup>2</sup>

**Resumen:** En el curso 2020-2021 los autores realizaron una experiencia con estudiantes del Máster en Formación del Profesorado de Educación Secundaria (especialidad: matemáticas) en la que se trabajó en dos entornos tecnológicos diferentes (robots programables / ordenadores) con un software muy similar. Más concretamente, se llevó a cabo, en un marco de aprendizaje basado en indagación, la resolución de problemas de índole geométrica con el lenguaje *Scratch 3* y con el robot programable *Pro-Bot*. El primer autor tiene una larga experiencia en el tema, pues ha impartido clase de matemáticas con TIC a profesores en formación desde los años 80. Debido a la pandemia, las clases tuvieron lugar con medio grupo en una de las hiperaulas de la Facultad de Educación, mientras que el resto de los estudiantes asistía de modo online. Pese a las dificultades, la experiencia tuvo una gran acogida por parte de los y las estudiantes.

**Palabras clave:** TIC, software matemático, robots, geometría de la tortuga, aprendizaje basado en indagación.

## 1. Introducción

### 1.1. Un poco de historia

A mediados de los años '60 Seymour Papert fundó, junto con Marvin Minsky, el laboratorio de inteligencia artificial del MIT. En 1967 presentaron la primera versión del lenguaje *Logo* (Logo Foundation 2015) para iniciar a niños y niñas en la programación (Papert, 1980) y fue diseñado aplicando ideas constructivistas (Papert había trabajado en Suiza con Jean Piaget).

*Logo* (Abelson and diSessa 1981) incorporaba las últimas tendencias, con una concepción muy moderna: procedural, recursivo, manejaba listas, etc. Tenía adaptaciones como el bucle clásico FOR, sustituido por un más intuitivo REPEAT, pero era un lenguaje de programación muy completo. Tras un gran éxito en los '80 y '90 ha caído en desuso, aunque hay versiones muy sencillas y potentes, como FMSLogo (FMSLogo, n.d.).

La característica más curiosa de logo era la incorporación de la “geometría de la tortuga”. En lugar de basarse los gráficos en un clásico sistema de referencia cartesiano, en la pantalla hay un cursor gráfico (la “tortuga”) que responde a órdenes elementales referidas a la posición y orientación de la propia tortuga: avanza, retrocede, gira derecha y gira izquierda. Así se consigue, por un lado, que la realización de un dibujo no

---

<sup>1</sup> Instituto de Matemática Interdisciplinar (IMI) & Departamento de Didáctica de las Ciencias Experimentales, Sociales y Matemáticas, Facultad de Educación. Email: eroanes@ucm.es. ORCID: 0000-0002-0880-6610

<sup>2</sup> Departamento de Estudios Educativos, Facultad de Educación. Email: cfernand@edu.ucm.es. ORCID: 0000-0003-3478-9049

dependa de la posición u orientación y, por otro, que muchos diseños geométricos sean muy sencillos de dibujar. Por ejemplo, un hexágono regular de lado 100 se dibuja con:

```
REPITE 6 [AV 100 GD 60]
```

(GD es la abreviación de GIRADERECHA y AV la de AVANZA).

Pero si lo que queremos es dibujar este mismo hexágono con un vértice en (0,50) y tal que uno de sus lados esté girado  $17^{\circ}$  respecto de la vertical, basta preceder al bucle anterior de dos órdenes:

```
AV 50 GD 17 REPITE 6 [AV 100 GD 60]
```

(lo que sería francamente incómodo de hacer con coordenadas cartesianas y requeriría manejar funciones trigonométricas). Ello permite, por ejemplo, dibujar de un modo muy sencillo frisos y mosaicos periódicos (Roanes Macías and Roanes Lozano 1994).

Por otra parte, si lo que se desea es, por ejemplo, crear un procedimiento que dibuje polígonos regulares de N lados de longitud L, basta que el cuerpo del programa esté constituido por:

```
REPITE :N [AV :L GD 360 / :N]
```

En los años '60, al no ser gráficos los monitores, los movimientos ordenados a la tortuga eran realizados por un dispositivo electromecánico conectado por cable al ordenador, que iba dejando un rastro sobre un gran papel (posteriormente el dispositivo mecánico fue conectado de modo inalámbrico al ordenador) (Cyberneticzoo.com, n.d.).

En 2003 aparece la primera versión de *Scratch*, otro excelente lenguaje orientado a iniciar a niños y niñas en la programación (Scratch, n.d.). Es visual, basado en el manejo de “bloques” que van encajando si la sintaxis es correcta e incorpora gráficos de la geometría de la tortuga.

Curiosamente, el abaratamiento de los procesadores hace posible que en 1979 se lance al mercado el *Big Trak*, una tanqueta de seis ruedas que podía programarse y se desplazaba según una versión reducida de la geometría de la tortuga (Wikipedia 2020). Muy posteriormente se ha puesto a la venta un coche programable de un carácter similar, denominado *Pro-Bot*, pero ya provisto de un display en el que se muestra el programa, tiene conectividad con ordenadores, cuenta con sensores, etc. (Terrapin Downloads Center, n.d.). Ello nos devuelve, en cierto modo, a los orígenes de la geometría de la tortuga.

## **1.2. El entorno predisponente y la idea precipitante**

El primer autor, con un doctorado en matemáticas y otro en informática, ha impartido en la UCM clase de matemáticas con TIC a profesores en formación desde los años 80, usando, entre otros lenguajes, *Logo*, y vehículos programables como el *Big Trak* y el *Pro-Bot*.

Los dos autores (la segunda autora con un doctorado en CC. de la Educación) propusieron en 2019 una jerarquización en tres niveles de la implicación computacional de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, que fue presentada al congreso *14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching - ICTMT 14* (Roanes Lozano y Fernández-Salineró 2020). Fue experimentada con

estudiantes de la especialidad de matemáticas del Máster Universitario en Formación del Profesorado de ESO y Bachillerato, FP y Enseñanzas de Idiomas (MFPEs) en el curso 2019-2020, aplicando los tres niveles al tema de la integral definida (Fernández-Saliner Miguel, de la Riva Picatoste, Roanes Lozano y Roanes Macías, 2020).

En 2020, gracias a la concesión de una ayuda de la *Convocatoria de Cofinanciación de Actividades y material científico e informático 2020* del *Instituto de Matemática Interdisciplinar* de la *Universidad Complutense de Madrid (IMI)*, al que agradecemos aquí su apoyo, se pasó de contar con un *Pro-Bot* a contar con siete. Pensamos entonces en la posibilidad de realizar, en el curso 2020-2021 y con estudiantes del MFPEs, una nueva experiencia en la que, en lugar de distinguir el nivel de implicación computacional de los y las estudiantes, se distinguiera el hardware (robots programables frente a ordenadores / tablets / smartphones) sobre el que se usara el mismo software o uno muy similar. La experiencia se llevó a cabo en una de las hiperaulas de la Facultad de Educación de la UCM, en un marco de aprendizaje basado en indagación, sobre resolución de distintos problemas geométricos con el lenguaje *Scratch 3* y con el robot programable *Pro-Bot*. Debido a la pandemia el alumnado estaba dividido en dos grupos, que asistían en semanas alternas, un grupo acudía a clase presencial mientras el otro grupo seguía la clase de modo online, por lo que la experiencia con los *Pro-Bot* se desarrolló en dos sesiones.

## 2. Marco teórico

En esta experiencia hemos elegido como teoría pedagógica el constructivismo, que intenta desarrollar en el alumnado competencias (Perrenoud 1999). En el ámbito de esta teoría se pueden clasificar los planteamientos metodológicos en función del grado de participación de docentes y estudiantes en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje. De este modo, pueden distinguirse tres estrategias metodológicas, cada una con sus métodos específicos y técnicas correspondientes (ver Tabla 1):

- expositiva (con mayor protagonismo del docente),
- demostrativa (con protagonismos similares docente-discente), y
- activa (con mayor protagonismo del discente).

De las tres estrategias metodológicas señaladas, en este caso se utilizaron la expositiva y la activa, especialmente esta última:

- en la estrategia metodológica expositiva se emplearon los métodos: exposición oral (técnica: lección magistral) e interrogativo (técnica: preguntas exploratorias),
- en la estrategia metodológica activa se emplearon los métodos: aprendizaje basado en la indagación (Enquiry Based Learning o EBL) y aprendizaje por descubrimiento guiado.

En cuanto al EBL (Artigue and Blomhøj 2013), en consonancia con la propuesta de jerarquización propuesta por Banchi y Bell (2008), se usaron fundamentalmente los niveles:

- Nivel 2 (Structured Enquiry: los y las estudiantes indagan sobre un problema propuesto por el docente, del modo propuesto por el mismo), y
- Nivel 3 (Guided Enquiry: los y las estudiantes indagan, siguiendo los caminos elegidos por ellos mismos, un problema propuesto por el docente),

y, raramente, el Nivel 1 (Confirmation Enquiry: los y las estudiantes simplemente comprueban o demuestran un resultado conocido).

Tabla 1. Clasificación de estrategias metodológicas, métodos y técnicas (relacionadas con el constructivismo). Fuente: La clasificación en esta tabla está inspirada en (Bernal, Fernández-Salinerio and Pineda 2019).

Teoría	Estrategia metodológica	Método	Técnica
Construc- tivismo	Expositiva	Exposición oral	Lección magistral Mesa redonda
		Interrogativo	Preguntas exploratorias
		Autoformación	Aprendizaje individual
	Demostrativa	Demostración	Mentoring TWI Coaching ...
	Activa	Simulación	Role playing Simulación informática
		Aprendizaje basado proyectos Aprendizaje basado retos Aprendizaje basado problemas Aprendizaje basado indagación Aprendizaje por descubr. guiado	Design thinking Visual thinking Phillips 66 SCAMPER ... aplicado a: -Problemas matemáticos -Desarrollos informáticos

### 3. Descripción de la experiencia

El código es, en general, muy similar en *Scratch*, *FMSLogo* y el *Pro-Bot*. Por ejemplo, para dibujar en *FMSLogo* (en español) los 8 radios de una rueda, basta escribir:

```
REPITE 8 [AV 100 RE 100 GD 45]
```

(RE es la abreviación de RETROCEDE) o, en inglés:

```
REPEAT 8 [FD 100 BK 100 RT 45]
```

(FD, BK y RT son las abreviaciones de FORWARD, BACK y RIGHT, respectivamente) y para el *Pro-Bot* el código es (Figura 1):

```
Rpt8 [
Fd3
Bk3
Rt45
]
```

mientras que el código en *Scratch 3* puede verse en la Figura 2.



Figura 1. Imagen del robot programable Pro-Bot, en la que se muestran su teclado y su pantalla, con un procedimiento que dibuja los 8 radios de un octógono regular. Las teclas de la parte izquierda corresponden a la programación (las flechas en esta parte corresponden a avanzar y retroceder y a girar a la izquierda y a la derecha). Las flechas en la parte derecha permiten moverse por las líneas de código en el display LCD. Fuente: elaboración propia.

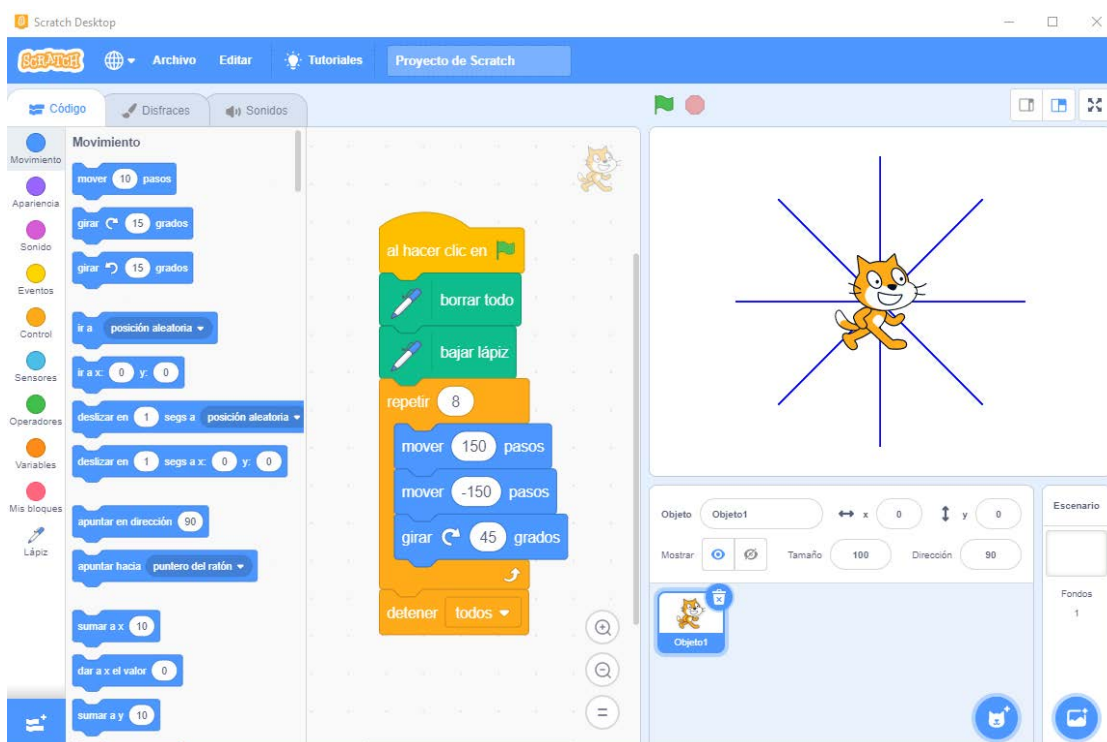


Figura 2. Dibujo de los 8 radios de un octógono regular con *Scratch 3*. Fuente: elaboración propia.

En esta experiencia, se comenzó contando las ideas básicas de la geometría de la tortuga. A continuación se propusieron los primeros problemas para ser resueltos de modo colaborativo (y explicados y resueltos por los y las estudiantes): dibujar un

cuadrado, un triángulo equilátero, un rectángulo, etc. (inicialmente sin usar bucles iterativos y luego usándolos). Las cuestiones propuestas fueron complicándose, incluyendo cuestiones como: “Programa que dibuje una colección de hexágonos regulares con un vértice común, cada uno de ellos girado 60 grados respecto del anterior” o “Dibujar una fila de baldosas cuadradas de lado L, de forma que cada baldosa comparta un lado con la siguiente” (resueltos anidando bucles REPITE y usando subprocedimientos). Se incluyeron además problemas que podríamos calificar de “feliz idea” como “Procedimiento cuyas 6 entradas sean las coordenadas de 3 puntos, que dibuje un triángulo de vértices esos puntos y coloque al gato en el interior del triángulo, sea cual sea éste”, en el que se guió la indagación de los y las estudiantes y se fomentó su colaboración. Se pueden consultar más ejercicios de los realizados en Roanes Lozano (2018). Se dedicaron tres sesiones de unas 3 horas a *Scratch*, aunque también se trataron en estas sesiones otras cuestiones como operaciones, condicionales, etc.

Después se llevó a cabo una sesión de *FMS-Logo* de 1 hora en formato parcialmente libre, pues los y las estudiantes podían pensar cómo resolver en este lenguaje las cuestiones ya tratadas con *Scratch 3* que desearan (Roanes Lozano and Roanes Macías 2015). Esto se hizo porque la programación en *Logo* es más parecida a la de *Pro-Bot* (usa corchetes y existe un comando para retroceder).

Finalmente, se realizaron dos sesiones de 1 hora, una con cada uno de los grupos en que estaba dividido el alumnado (por la pandemia), en las que los aproximadamente 15 estudiantes de cada grupo trabajaron por parejas con los 7 robots disponibles. Para ello se desplazó el mobiliario (todo dotado de ruedas en la hiperaula) y trabajaron sobre agrupamientos de mesas o directamente sobre el suelo. Se insistió en que las distintas parejas compartieran sus logros.

Como observadores de la experiencia podemos afirmar que en esta última “doble sesión” hubo lo que podríamos denominar “entusiasmo” en comparación con el “buen interés” mostrado en las otras sesiones (ha sido un grupo motivado y participativo), con mayor colaboración entre las parejas que en clases precedentes (en la que los y las estudiantes se centraban mucho más en su propio ordenador).

Al objeto de valorar objetivamente la experiencia, se pasó a los participantes una serie de 7 preguntas sobre la misma y sobre el posible uso de estas TIC en su futura práctica docente. Una gran mayoría de ellos desearía usar tanto *Scratch* como *Pro-Bot* (16 de 27) y ninguno preferiría no usar ninguna de las dos tecnologías.

#### **4. Conclusiones**

Desde nuestra perspectiva, se ha realizado una experiencia curiosa y novedosa que analiza la influencia del hardware en la satisfacción o confianza con un software.

Hay muchos artículos sobre el uso de robots en STEM en general, e incluso en educación matemática, como el bien conocido de Highfield (2010) sobre el desarrollo en niños de habilidades para la resolución de problemas matemáticos, o el más reciente de Leoste and Heidmets (2019). Pero no hemos encontrado publicaciones que recojan experiencias en las que futuros docentes trabajen un mismo software sobre distintos hardware.

Pese a los inconvenientes inherentes a la pandemia (separación del alumnado en dos grupos, desinfección de manos para manejar el robot, mantenimiento de la distancia de seguridad, etc.), la experiencia tuvo una gran acogida por parte de los y las estudiantes.

Otra vertiente de esta experiencia, en la que se analiza en concreto la actitud de los y las estudiantes del MFPEs (futuros profesores y profesoras de matemáticas en Educación Secundaria) ante el uso de robots en su futura labor profesional como docentes de matemáticas, ha sido aceptada para su presentación en el XXIV Simposio de la Sociedad Española de Investigación en Educación Matemática (Roanes Lozano y Fernández-Salineró, n.d.).

## Referencias bibliográficas

Abelson, Harold and diSessa, Andrea. *Turtle Geometry. The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*. Cambridge, MA, EEUU: The MIT Press, 1981.

Artigue, Michèle and Blomhøj, Morten. “Conceptualizing inquiry-based education in mathematics”. *ZDM Mathematics Education* 45 (2013): 797–810.

Bernal, Antonio, Fernández-Salineró, Carolina and Pineda, María del Pilar. *Formación continua*. Madrid: Síntesis, 2019.

Banchi, Heather and Bell, Randy. “The Many Levels of Inquiry”. *Science and Children* 46, no. 2 (2008): 26-29

Cyberneticzoo.com. n.d. “1969 – The Logo Turtle – Seymour Papert et al (Sth African/American)”. Consultado el 5-6-2021, <http://cyberneticzoo.com/cyberneticanimals/1969-the-logo-turtle-seymour-papert-marvin-minsky-et-al-american/>

Fernández-Salineró Miguel, Carolina, de la Riva Picatoste, Beatriz, Roanes Lozano, Eugenio and Roanes Macías, Eugenio. *Utilización de metodologías activas de enseñanza para el aprendizaje de las matemáticas, centradas en el estudiante y desarrolladas en el espacio innovador de una hiperaula*. Madrid: Los autores, 2020.

FMSLogo. n.d. Consultado el 5-6-2021, <https://fmslogo.sourceforge.io/>

Highfield, Kate. “Robotic Toys as a Catalyst for Mathematical Problem Solving”. *Australian Primary Mathematics Classroom* 15, no. 2 (2010): 22-27.

Leoste, Janika and Heidmets, Mati. 2019. “The Impact of Educational Robots as Learning Tools on Mathematics Learning Outcomes in Basic Education”. En *Digital Turn in Schools. Research, Policy, Practice*, ed. por Terje Våljataga and Mart Laanpere, 203-217. Singapore: Springer Singapore.

Logo Foundation, 2015. “Logo History”. Consultado el 5-6-2021, [https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what\\_is\\_logo/history.html](https://el.media.mit.edu/logo-foundation/what_is_logo/history.html)

Papert, Seymour. *MINDSTORMS. Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, Inc., 1980.

Perrenoud, Philippe. *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones, 1999.

Roanes Lozano, Eugenio. 2018. “Geometría de la Tortuga con Scratch 2.0 y Enseñanza de Matemática. Elemental”. Última modificación 28-12-2018. Consultado el 5-6-2021, [https://webs.ucm.es/info/secdealg/ApuntesLogo/INF\\_MATN\\_Scratch18-19\\_v11.pdf](https://webs.ucm.es/info/secdealg/ApuntesLogo/INF_MATN_Scratch18-19_v11.pdf)

Roanes Lozano, Eugenio and Fernández-Salinero, Carolina. 2020. “Evaluating CAS and DGS at the maths classroom: a proposal for an unbiased experimental study of the impact of the computational role of the students in the meaningful of their learning”. En *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT 14*, ed. por Bärbel Barzel, Ruth Bebernik, Lisa Göbel, Maximilian Pohl, HanaRuchniewicz, Florian Schacht and Daniel Thurm, 328-337. Essen: DuEPublico, Duisburg-Essen Publications Online.

Roanes Lozano, Eugenio and Fernández-Salinero, Carolina. n.d. “La actitud de futuros profesores de secundaria ante el uso de robots programables en la clase de matemáticas”. *Actas del XXIV Simposio de la SEIEM*, Valencia, 8-10 de septiembre de 2021 (Por aparecer).

Roanes Lozano, Eugenio and Roanes Macías, Eugenio. 2015. “Apuntes de Logo”. Última modificación 26-12-2021. Consultado el 5-6-2021, [https://webs.ucm.es/info/secdealg/ApuntesLogo/INF\\_MATN\\_2006sin15-16.PDF](https://webs.ucm.es/info/secdealg/ApuntesLogo/INF_MATN_2006sin15-16.PDF)

Roanes Macías, Eugenio and Roanes Lozano, Eugenio. *Nuevas tecnologías en geometría*. Madrid: Editorial Complutense, 1994.

Scratch. n.d. Consultado el 5-6-2021, <https://scratch.mit.edu/>

Terrapin Downloads Center. n.d. “Robot Downloads. Get the Pro-Bot Robotics Manual (PDF)”. Consultado el 5-6-2021, <https://www.terrapiinlogo.com/downloads.html>

Wikipedia. 2020. “Big Trak”. Última modificación 14-2-2020. Consultado el 5-6-2021, [https://en.wikipedia.org/wiki/Big\\_Trak](https://en.wikipedia.org/wiki/Big_Trak)