

LA ACTITUD DE FUTUROS PROFESORES DE SECUNDARIA ANTE EL USO DE ROBOTS PROGRAMABLES EN LA CLASE DE MATEMÁTICAS¹

The attitude of future secondary teachers to the use of programmable robots in the mathematics class

Roanes, E., Fernández-Salineró, C.

Universidad Complutense de Madrid

Resumen

Presentamos una experiencia realizada con estudiantes del Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria (MFPS) enfocada a determinar las preferencias de estos estudiantes acerca de la utilización de un cierto tipo de software sobre distintos hardware: tradicional (ordenadores, tablets, smartphones) e innovador (robots programables) en su futura labor docente como profesores de matemáticas. El enfoque de esta investigación es cualitativo, de carácter etnográfico. Los resultados han sido curiosos, con un claro sesgo hacia los hardware tradicionales.

Palabras clave: TIC, software matemático, robots, aprendizaje basado en indagación

Abstract

We present an experience carried out with students of the Master's Degree in Secondary Teacher Training (MFPS) focused on determining the preferences of these students regarding the use of a certain type of software on different hardware: traditional (computers, tablets, smartphones) and innovative (programmable robots) in their future teaching work as math teachers. The focus of this research is qualitative, of an ethnographic nature. The results have been curious, with a clear bias towards traditional hardware.

Keywords: ICT, mathematical software, robots, inquiry-based learning

INTRODUCCIÓN

Se presenta una experiencia enfocada a determinar las preferencias de unos y unas estudiantes, futuros profesores de matemáticas de Enseñanza Secundaria, acerca de la utilización de un cierto tipo de software sobre distintos hardware: tradicional e innovador (robots programables) en su ulterior labor docente. En el año 2019 los autores presentaron al congreso *14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching - ICTMT 14* (Roanes-Lozano y Fernández-Salineró, 2020) una propuesta de jerarquización del nivel de implicación computacional de los estudiantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje matemático en tres niveles, usando tres escenarios (con un nivel ascendente de implicación). Para que los resultados del experimento fueran plausibles, se usaron en los tres escenarios la misma teoría pedagógica y las mismas estrategias metodológicas (Viladot, 2002).

Se aplicó un enfoque constructivista, siguiendo estrategias metodológicas expositiva y, fundamentalmente, activa. Los tres escenarios eran:

- Escenario I: los y las estudiantes trabajan sin tecnología,

¹ Parcialmente subvencionado por el proyecto nacional PGC2018-096509-B-100 (Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades).

Roanes, E., Fernández-Salineró, C. (2021). La actitud de futuros profesores de secundaria ante el uso de robots programables en la clase de matemáticas. En Diago, P. D., Yáñez D. F., González-Astudillo, M. T. y Carrillo, D. (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXIV* (pp. 521 – 528). Valencia: SEIEM.

- Escenario II: simulación (los y las estudiantes utilizan recursos de software especializado de propósito específico ya desarrollados),
- Escenario III: estudiante desarrollador (los y las estudiantes utilizan sistema de cálculo simbólico o de geometría dinámica para afrontar las cuestiones matemáticas e incluso desarrollan pequeñas aplicaciones).

La experimentación, propuesta en el nivel de Enseñanza Secundaria en el segundo cuatrimestre del curso 2019-2020, no pudo llevarse a cabo por la pandemia. Sí se llevó a cabo ese mismo curso una experiencia formativa más modesta con estudiantes del Máster de Formación del Profesorado de Educación Secundaria (MFPS) de la universidad pública de los autores, derivada de la puesta en práctica de los tres escenarios especificados, en el marco de un proyecto de innovación educativa. La experiencia se enfocó en el tema de la integral definida (Fernández-Salineró Miguel, de la Riva Picatoste, Roanes Lozano y Roanes Macías, 2020), que aparece en los contenidos del *Bloque 3: Análisis* de la asignatura *Matemáticas II* del Bachillerato de la Especialidad de Ciencias (Real Decreto 1105/2014, 2015, p. 421).

El resultado constató la preferencia del uso de la tecnología (en alguno de los dos escenarios que la contemplaban) por parte de una abrumadora mayoría de los futuros profesores de Educación Secundaria (90%), sin distinción por sexo o titulación de procedencia. Se encontraron más cómodos en los planteamientos metodológicos más activos e innovadores, es decir, aquellos que dan más protagonismo a los y las estudiantes en su proceso de aprendizaje y que se apoyan en la tecnología como vehículo (Escenario II y, especialmente, Escenario III). Destacaron que podían resolver las cuestiones planteadas más fácilmente, con menores errores y ahorrando tiempo. La única dificultad subrayada era la necesidad de tener un conocimiento adecuado de los programas informáticos y que las instrucciones dadas por el docente fueran claras y precisas. El 10% restante (con un sesgo de mayor edad, entre 35 y 45 años) se encontraron más cómodos en el Escenario I (tradicional), por ser al que estaban más habituados.

Como estos trabajos se centraban en la forma de utilizar la tecnología, una continuación natural era centrarse en el tipo de soporte tecnológico utilizado: ordenador tradicional o un hardware innovador (robots programables). Para realizarlo en un colectivo de características similares, se ha llevado a cabo esta nueva experiencia con estudiantes del MFPS de la misma universidad (del curso siguiente), con curiosos resultados, como se detalla más adelante.

MARCO TEÓRICO

Al igual que en la experiencia anterior citada en la Introducción, para realizar una comparativa sobre actitudes ante distintos hardware a utilizar para la docencia con un cierto tipo de software, es fundamental usar en ambos casos la misma teoría pedagógica y las mismas estrategias metodológicas (Viladot, 2002), asumiendo un marco actitudinal de análisis de las posibilidades pedagógicas y de innovación del uso de los distintos hardware, desde una perspectiva crítica y reflexiva.

A partir de nuestra experiencia previa (el primer autor ha impartido clase de matemáticas con TIC a profesores en formación desde los años 80), un aprendizaje activo basado en el descubrimiento puro, como el propuesto con los micromundos de *Logo* (Papert, 1980), sin la guía de un docente y sin objetivos curriculares claros, no es la opción óptima, siendo preferible un descubrimiento guiado (Mayer, 2004). En la nueva experiencia llevada a cabo hemos elegido también como teoría pedagógica el constructivismo, que intenta desarrollar en el alumnado competencias (Perrenoud, 1999). En el ámbito de esta teoría se toma generalmente como referente el grado de participación de docentes y estudiantes en la dinámica del proceso de enseñanza-aprendizaje para clasificar los planteamientos metodológicos, cada uno con sus correspondientes métodos específicos o maneras de organizar los recursos y presentar el contenido para llegar a alcanzar los objetivos, y sus técnicas

o planteamientos que nos indican cómo llevar a la práctica las metodologías y que están definidas por normas de implementación directa (Bernal *et al.*, 2019). De acuerdo con este criterio, pueden distinguirse tres estrategias metodológicas: expositiva (con mayor protagonismo del docente), demostrativa (con protagonismos similares docente-discente) y activa (con mayor protagonismo del discente). A su vez es posible, dentro de estas estrategias metodológicas, utilizar distintos métodos y aplicar diferentes técnicas.

En nuestro caso, como estrategias metodológicas se aplicaron la expositiva y la activa, esencialmente esta última. En la primera estrategia metodológica citada, los métodos utilizados fueron la exposición oral (con su técnica de lección magistral) y el interrogativo (con su técnica de preguntas exploratorias). En la segunda estrategia metodológica citada, los métodos utilizados fueron el aprendizaje basado en la indagación (Enquiry Based Learning o EBL) y el aprendizaje por descubrimiento guiado, aplicados a problemas matemáticos y desarrollos informáticos. Más concretamente, de acuerdo con la propuesta de cuatro niveles de EBL planteada por Bianchi y Bell (2008), se usaron fundamentalmente los Niveles 2 (Structured Enquiry: los estudiantes investigan un problema propuesto por el profesor, del modo propuesto por el profesor) y 3 (Guided Enquiry: los estudiantes trabajan, siguiendo los procesos elegidos por ellos mismos, un problema propuesto por el profesor) y raramente el Nivel 1 (Confirmation Enquiry: los estudiantes comprueban o demuestran un resultado conocido). Mencionar por último que la aplicación del EBL al caso particular de la docencia matemática ha sido analizada, entre otros, por Artigue y Blomhøj (2013).

ESTADO DEL ARTE

Son innumerables los artículos sobre el uso de robots en STEM o STEAM en general y en educación matemática en particular. Podríamos mencionar, por ejemplo, el de Highfield (2010), uno de los más citados sobre el desarrollo en niños de habilidades para la resolución de problemas, o el más reciente de Leoste y Heidmets (2019).

Otro ejemplo serían las dos siguientes investigaciones realizadas con otros robots en el nivel de Educación Primaria sobre ángulos e interpretación de planos (mapas). Nos referimos a la investigación de Blanco, Salgado y Gorgal Romarís (2017) y a la de González-Calero, Cózar, Villena y Merino (2017), respectivamente.

Existen, asimismo, artículos que evalúan el efecto positivo de la tecnología, en particular del uso de lenguajes informáticos, que utilizan la geometría de la tortuga en el aprendizaje de conceptos geométricos, como Martínez Zarzuelo, Rodríguez Mantilla, Roanes Lozano y Fernández Díaz (2020).

No obstante, el artículo más próximo a nuestro trabajo que hemos encontrado es el de Castro, Cecchi, Salvini, Valente, Buselli, Menichetti, Calvani y Dario (2018), donde se hace un exhaustivo estudio de la actitud de profesores en ejercicio tras seguir un completo curso de robótica educacional. Otro similar es el de Baccaglini-Frank, Santi, Del Zozzo y Frank (2020). Sin embargo, no hemos encontrado ningún trabajo que se centre en comparar la actitud ante el soporte en que se va a utilizar un mismo software para la enseñanza de la geometría (ordenador tradicional frente a robot programable). De ahí el interés de esta experiencia.

PROCESO DE LA INVESTIGACIÓN

Objetivo

Con esta experiencia se trata de valorar (sobre un pequeño colectivo) si unos futuros docentes de Educación Secundaria, nativos digitales, se muestran claramente inclinados o no a utilizar otros hardware (robots programables) distintos a los que están habituados a usar (ordenadores, tablets, smartphones) en su futura práctica docente.

Metodología

El enfoque de esta investigación es cualitativo, de carácter etnográfico, con el que pretendemos conseguir una aproximación a la realidad “desde dentro”, junto con las personas implicadas y comprometidas en dicha realidad (Eisenhart, 1988). Este tipo de metodología podemos definirla como: “una actividad sistemática orientada a la comprensión en profundidad de fenómenos educativos y sociales, a la transformación de prácticas y escenarios socioeducativos, a la toma de decisiones y también al descubrimiento” (Sandín, 2003, p. 123). La desarrollaremos en seis fases: selección del diseño, determinación de las técnicas, acceso al escenario de investigación, selección de los informantes, recogida de datos y procesamiento de la información recogida (Bisquerra, 2009).

El diseño parte de la formulación de la siguiente pregunta: ¿El profesorado en formación del máster tiene o no la misma predisposición a llevar un determinado software a su futura labor docente, independientemente del hardware con el que trabajen (ordenador versus robot programable)?

En cuanto a las técnicas empleadas, hemos seleccionado dos (Bisquerra, 2009):

- La observación no participante, a través de la mirada del docente del comportamiento de los y las estudiantes, sin intervenir.
- La entrevista, realizada por medio de un conjunto de preguntas abiertas y presentadas por escrito que nos permiten obtener la perspectiva interna de los y las participantes.

El escenario de investigación es el aula del Máster de Formación del Profesorado donde se imparte docencia a los futuros profesores de Educación Secundaria y Bachillerato.

El informante seleccionado es el propio docente del máster.

La recogida de datos se realiza a través de escritos descriptivo-narrativos realizados por el docente, complementados con una batería de preguntas planteadas a los y las participantes para conocer su punto de vista.

La información se procesa, finalmente, por medio del continuo análisis de los datos a lo largo del estudio, realizado a través de los escritos descriptivo-narrativos del docente, complementados con una batería de preguntas planteadas a los y las participantes para conocer su punto de vista, a lo que ya nos hemos referido con anterioridad. El proceso de recogida de los datos y su análisis están indisolublemente unidos. Se trata de aspectos interactivos e interdependientes.

Participantes

El grupo ha estado compuesto por 30 estudiantes (casi todos recientemente egresados) quienes, como consecuencia de la actual pandemia, se han dividido en dos grupos de 15 que alternaban presencialidad/asistencia online. Este curso todos, excepto una de las estudiantes, ingeniera, tenían un grado en matemáticas o un doble grado incluyendo matemáticas. Todos habían estudiado en universidades de nuestro país y tenían vocación por ser profesores de matemáticas (este curso hubo muchas más solicitudes que plazas).

Recursos para la intervención

En esta experiencia era clave elegir un software que fuera lo más similar posible en ambas plataformas y que, a la vez, pudiera resultar útil en el futuro para estos profesores en formación. Pensamos por ello en las implementaciones de la geometría de la tortuga (Abelson y diSessa, 1981; Papert, 1980), en el lenguaje de programación *Scratch* (Scratch, n.d.) y en robots basados en ella, como *Pro-Bot* (Terrapin. Tools for thinking. Pro-Bot, n.d.; Terrapin Software, 2013). Aunque la geometría de la tortuga se asocia generalmente con el lenguaje *Logo*, se ha renovado el interés por ella tras la aparición del lenguaje *Scratch* y hay diversos robots que la usan, con sus características usuales, como el que nos ocupa, o simplificadas, más orientadas a la Educación

Infantil (Acosta y Alsina, 2018, Diago, Gutiérrez, Jaime y Yáñez, 2018; Pérez y Diago, 2018), como *Bee-Bot* (Terrapin. Tools for thinking. Bee-Bot, n.d.) o *Code & Go*[®] (Code & Go Activity Set, n.d.).

El *Pro-Bot* incluye, además de otras características, un lenguaje de programación y un entorno muy similar al de los *Logo* de los años 80, anteriores a la aparición de los sistemas operativos basados en ventanas. Por supuesto sus movimientos están apoyados en los cuatro comandos típicos de la geometría de la tortuga (Forward, Back, Right, Left). Mientras, el lenguaje *Scratch 3* está basado en la programación por bloques que van “encajando unos en otros” (los bloques están agrupados por colores –categorías–). Es muy intuitivo y adecuado para comenzar a programar.

Para poder llevar a cabo esta experiencia se contaba con un aula informática magníficamente dotada, con dos enormes monitores (uno de ellos táctil) y cuatro monitores más para trabajo por grupos. Además, la escasa dotación de robots disponibles (uno) fue incrementada con 6 más, adquiridos 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*, al que agradecemos aquí su apoyo, pues permitió su introducción en el MFPS, así como la realización de la experiencia aquí descrita.

Temporalización y desarrollo de la experiencia.

Simplificando la cronología de la experiencia, esta consistió en dos largas sesiones, de unas 3 horas cada una, de manejo de *Scratch 3* y su aplicación a problemas de matemática elemental, al estilo de Roanes Lozano (2018), como, por ejemplo: “Programa que dibuje una colección de hexágonos regulares con un vértice común, cada uno de ellos girado 60 grados respecto del anterior” o “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 este”. Por ejemplo, este último fue resuelto por ciertos estudiantes con las soluciones usuales: usando las coordenadas del baricentro o calculando las del punto medio de una mediana, pero requirieron de pistas generales por parte del profesor. Se realizaron breves exposiciones orales que eran seguidas de actividad individual o en grupo (como desearan los y las estudiantes en cada caso), siguiendo una metodología activa (método EBL, Nivel 3 en el primer ejemplo citado y Nivel 2 en el segundo). Podríamos considerarlas sesiones de trabajo guiado, pues el profesor se movía continuamente de un estudiante o grupo de estudiantes a otro, resolviendo dudas y destacando carencias de lo planteado o perfilando los retos propuestos.

A estas sesiones siguió una breve sesión de *FMS-Logo* (FMSLogo, n.d.) de 1 hora (*Logo* es aún más similar a la programación del robot por su uso de los corchetes y la existencia de un comando para retroceder, aunque nos pareció más adecuado centrarnos en el mucho más moderno y ahora popular *Scratch*), en un formato de trabajo parcialmente libre, pues debían trabajar en cuestiones ya tratadas con *Scratch 3* (las que desearan).

Finalmente, en otra sesión de 1 hora en el mismo formato, los aproximadamente 15 estudiantes presentes interactuaron con los 7 robots por parejas. Para ello desplazaron el mobiliario y el hardware y trabajaron sobre mesas o en el suelo. Destacó claramente el entusiasmo mostrado en esta actividad, así como la colaboración entre parejas, mucho mayor de lo habitual en esta clase, y, en concreto, que en la sesión en el mismo formato que la precedió (en la que los y las estudiantes se centraban casi todo el tiempo en su propia pantalla). Esta sesión se repitió 2 veces por motivos de presencialidad (mientras, los y las estudiantes conectados online realizaban otras tareas).

Evaluación

Como complemento a los escritos descriptivo-narrativos realizados por el docente y derivados de la observación no participante llevada a cabo, se elaboró a modo de encuesta estructurada final una batería de preguntas abiertas que se trasladó a los y las participantes en la experiencia, por

considerarse fundamentales para la evaluación de la misma. En concreto, se pidió a los y las docentes en formación que respondieran por escrito a las siguientes cuestiones (desde el punto de vista de futuros profesores de matemáticas):

1. Relata dos momentos breves pero intensos en la sesión que hemos tenido en el MFPS con los *Pro-Bot* (para detectar lo que más había impactado).
2. Formula una pregunta para ti mismo, relativa a la sesión (para localizar indirectamente lo que consideraba el o la estudiante como más importante).
3. Responde a tu propia pregunta de manera específica (para comprobar el dominio del tema).
4. ¿Algo no te ha quedado claro? (para comprobar el éxito de la actividad).
5. ¿Qué crees que te ha aportado el manejar durante una sesión el *Pro-Bot*? (sobre la aceptación del hardware innovador en el rol de estudiante).
6. Si en tus próximas prácticas tuvieras a tu disposición un aula informática adecuada, ¿te gustaría utilizar *Scratch* en algunas clases de matemáticas? (para contrastar con la última pregunta).
7. Si en tus próximas prácticas tuvieras a tu disposición suficientes *Pro-Bot*, ¿te gustaría utilizarlos en algunas clases de matemáticas? (la pregunta clave de la experiencia: aceptación del hardware innovador en el futuro rol de docente).

Mientras las cinco primeras preguntas tienen el propósito de ver el nivel adquirido y el interés por el nuevo hardware, las dos últimas son la clave para comparar la actitud ante el uso de este software en estos dos hardware en la futura práctica docente.

RESULTADOS

En la Tabla 1 se resumen las respuestas dadas a las dos últimas preguntas por los 27 estudiantes que respondieron la encuesta (hubo 3 estudiantes que no pudieron participar de manera presencial en el manejo de los robots por la pandemia actual y, en consecuencia, no contestaron las preguntas abiertas planteadas), categorizadas en función de tres tipos de respuesta: afirmativa, dudosa o negativa.

Tabla 1. Distribución bidimensional de las respuestas (aclaración sobre la estructuración de la tabla: por ejemplo el valor 4 corresponde a: *Sí usaría Scratch y Dudoso sobre el uso del robot*).

	<i>Pro-Bot</i>	Sí	Dudoso	No
<i>Scratch</i>				
Sí		16	4	2
Dudoso		1	3	1
No		0	0	0

A partir de los datos que aparecen en la tabla 1, en lo referente al uso de *Scratch* en el aula en el futuro profesional docente, se han obtenido los siguientes resultados: 16+4+2=22 Sí (81.5%), 1+3+1=5 Dudoso (18.5%) y 0+0+0=0 No (0%), y en lo referente al robot: 16+1+0=17 Sí (63.0%), 4+3+0=7 Dudoso (25.9%) y 2+1+0=3 No (11.1%).

En resumen, una importantísima mayoría, más de cuatro quintos, desearía usar *Scratch* en su clase, menos de la quinta parte tiene dudas de algún tipo y nadie rechaza su uso. Sorprendentemente, en lo referente a usar el robot en la clase, baja casi una cuarta parte los que desearían usarlo (del 81.5% al 63.0%), los dudosos suben casi un 50% (del 18.5% al 25.9%) y los que rechazan su uso pasan de un 0% a más del 10%.

CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Como resultado de la observación no participante llevada a cabo consideramos que, de todas las actividades del curso, la que provocó un mayor entusiasmo entre los futuros docentes (y una mayor colaboración e interacción entre ellos y ellas) fue, sin lugar a dudas, la realizada con los robots programables. Por ello, es muy llamativa la bajada de interés por llevarlo a la futura práctica docente mostrada por estos y estas estudiantes en las respuestas dadas a las preguntas abiertas. Es cierto que el entusiasmo mostrado por los y las participantes puede ser debido a la novedad o al atractivo de los robots; sin embargo, consideramos que la experiencia educativa poseída por dichos participantes tiene un peso mayor en la concepción de su futura docencia que la posible utilización de herramientas novedosas útiles para el desarrollo del aprendizaje.

Los y las estudiantes arguyen en sus respuestas a las preguntas abiertas formuladas distintas razones (mantener el orden en el aula, pérdida de tiempo, aburrido, desconfianza en la capacitación informática propia –lo que influye también en el posible uso de *Scratch*, en el único caso en que se cita esta razón–, complicación de llevarlo a la clase de matemáticas, etc.), pero sospechamos que están más ligadas al rechazo o inseguridad con un hardware novedoso frente al uso habitual de aplicaciones ejecutadas en entornos informáticos basados en la utilización de ventanas (smartphones, tablets y ordenadores).

Ello abre el camino a diseñar y llevar a cabo una futura experiencia más enfocada a tratar de determinar si ésta es realmente la razón o si, por el contrario, las razones son efectivamente de las índoles reflejadas en las respuestas.

Referencias

- Abelson, H., y di Sessa, A. (1981). *Turtle Geometry. The Computer as a Medium for Exploring Mathematics*. Cambridge, MA, EEUU: The MIT Press.
- Acosta, Y., y Alsina, À. (2018). Alfabetización algebraica a partir de 3 años: El caso de los patrones. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García, y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (pp. 111-120). Gijón: SEIEM.
- Artigue, M., y Blomhøj, M. (2013). Conceptualizing inquiry-based education in mathematics. *ZDM Mathematics Education*, 45, 797–810.
- Baccaglioni-Frank, A.E., Santi, G., Del Zozzo, A., y Frank, E. (2020). Teachers' Perspectives on the Intertwining of Tangible and Digital Modes of Activity with a Drawing Robot for Geometry. *Education Science*, 10, 387.
- Bernal, A., Fernández-Salineró, C., y Pineda, P. (2019): *Formación continua*. Madrid: Síntesis.
- Bisquerra, R. (coord.). (2009). *Metodología de la investigación educativa*. Madrid: La Muralla.
- Blanco, T.F., Salgado, M., y Gorgal Romarís, A. (2017). Análisis de prácticas con robots para la enseñanza de ángulos en Educación Primaria. En J.M. Muñoz-Escolano, A. Arnal-Bailera, P. Beltrán-Pellicer, M.L. Callejo, y J. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXI* (p. 503). Zaragoza: SEIEM.
- Castro, E., Cecchi, F., Salvini, P., Valente, M., Buselli, E., Menichetti, L., Calvani, A., y Dario, P. (2018) Design and Impact of a Teacher Training Course, and Attitude Change Concerning Educational Robotics. *International Journal of Social Robotics*, 10, 669–685.
- Code & Go Robot Mouse Activity Set. (Sin fecha). Recuperado de: <https://www.learningresources.com/code-gor-robot-mouse-activity-set>
- Diago, P. D., Gutiérrez, Á., Jaime, A., y Yáñez, D. F. (2018). Uso de visualización por estudiantes de alta capacidad matemática al programar un Bee-Bot. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García, y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (p. 621). Gijón: SEIEM.

- Eisenhart, A. (1988). The ethnographic research tradition and mathematics education research. *Journal for Research in Mathematics Education*, 19, 99-114.
- Fernández-Salineró Miguel, C., de la Riva Picatoste, B., Roanes Lozano, E., y Roanes Macías, E. (2020). *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.
- FMSLogo. (Sin fecha). Recuperado de: <https://fmslogo.sourceforge.io/>
- González-Calero, J.A., Cózar, R., Villena, R., y Merino, J.M. (2017). Interpretación de planos mediante el uso de robots educativos. En J.M. Muñoz-Escolano, A. Arnal-Bailera, P. Beltrán-Pellicer, M.L. Callejo, y J. Carrillo (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXI* (pp. 529). Zaragoza: SEIEM.
- Highfield, K. (2010). Robotic Toys as a Catalyst for Mathematical Problem Solving. *Australian Primary Mathematics Classroom*, 15(2), 22-27.
- Leoste, J., y Heidmets, M. (2019). The Impact of Educational Robots as Learning Tools on Mathematics Learning Outcomes in Basic Education. En T. Våljataga y M. Laanpere (Eds.), *Digital Turn in Schools. Research, Policy, Practice* (pp. 203-217). Singapore: Springer Singapore.
- Martínez Zarzuelo, A., Rodríguez Mantilla, J. M., Roanes Lozano, E., y Fernández Díaz, M. J. (2020). Efecto de Scratch en el aprendizaje de conceptos geométricos de futuros docentes de Primaria. *Revista Latinoamericana de Investigación en Matemática Educativa-RELIME*, 23(3), 357-386.
- Mayer, R. E. (2004). Should There Be a Three-Strikes Rule Against Pure Discovery Learning? The Case for Guided Methods of Instruction. *American Psychologist*, 59(1), 14-19.
- Pérez, G., y Diago, P. D. (2018). Uso de lenguajes de programación simbólicos en resolución de problemas con Bee-bot. En L. J. Rodríguez-Muñiz, L. Muñiz-Rodríguez, A. Aguilar-González, P. Alonso, F. J. García García, y A. Bruno (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXII* (p. 652). Gijón: SEIEM.
- Papert, S. (1980) *MINDSTORMS. Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books, Inc.
- Perrenoud, P. (1999). *Construir competencias desde la escuela*. Santiago de Chile: Dolmen Ediciones.
- Real Decreto 1105/2014, de 26 de diciembre, por el que se establece el currículo básico de la Educación Secundaria Obligatoria y del Bachillerato. BOE 3 de enero de 2015, pp. 169-546. Recuperado de: <https://www.boe.es/boe/dias/2015/01/03/pdfs/BOE-A-2015-37.pdf>
- Roanes Lozano, E. (2018). *Geometría de la tortuga con Scratch 2.0 y enseñanza de matemática elemental*. Recuperado de https://webs.ucm.es/info/secdealg/ApuntesLogo/INF_MATN_Scratch18-19_v11.pdf
- Roanes-Lozano, E., y Fernández-Salineró, C. (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 B. Barzel, R. Bebernik, L. Göbel, M. Pohl, H. Ruchniewicz, F. Schacht, y D. Thurm (Eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Technology in Mathematics Teaching – ICTMT 14* (pp. 328-337). Essen: DuEPublico, Duisburg-Essen Publications Online.
- Sandín, M. P. (2003) *Investigación cualitativa en Educación. Fundamentos y tradiciones*. Madrid: McGrawHill.
- Scratch. (Sin fecha). Recuperado de: <https://scratch.mit.edu/>
- Terrapin. Tools for thinking. Bee-Bot. (Sin fecha). Recuperado de: <https://www.terrapinlogo.com/bee-bot-family.html>
- Terrapin. Tools for thinking. Pro-Bot. (Sin fecha). Recuperado de: <https://www.terrapinlogo.com/products/robots/pro/probot.html>
- Terrapin Software (2013). Pro-Bot Robotics. Recuperado de: <https://www.terrapinlogo.com/downloads.html>
- Viladot, G. (2002). Métodos y técnicas de formación en las organizaciones, in: P. Pineda. (Coord.), *Gestión de la formación en las organizaciones* (pp.149-169). Barcelona: Ariel.