

ma gis ter

MONOGRÁFICO

MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

ISCN: 2340 - 4728

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa

Facultad de Formación del Profesorado y Educación

Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo

www.unioviado.es/fpe/portal/

Enero - Diciembre 2018

Volumen

30 [1y2]



Equipo de trabajo

Director

Celestino Rodríguez Pérez, Universidad de Oviedo

Codirectores

Juan Carlos San Pedro Veledo (Universidad de Oviedo)

Carmen Fernández Rubio (Universidad de Oviedo)

Editores asociados

Juan Carlos San Pedro Veledo, Universidad de Oviedo

Carmen Fernández Rubio, Universidad de Oviedo

David Álvarez García, Universidad de Oviedo

Ángeles Pascual Sevillano, Universidad de Oviedo

Susana Molina Martín, Universidad de Oviedo

Luis J. Rodríguez-Muñiz, Universidad de Oviedo

Inés López Manrique, Universidad de Oviedo

María del Rosario Neira Piñeiro, Universidad de Oviedo

Alberto Fernández Costales, Universidad de Oviedo

Rubén Fernández Alonso, Universidad de Oviedo, España

Ramiro José Ramiro Martis Florez, Universidad de Oviedo, España

Omar García Pérez, Universidad de Oviedo

Estrella Fernández, Universidad de Oviedo

José Luis Belver Domínguez, Universidad de Oviedo, España

Trinidad García, Universidad de Oviedo

Comité Editorial

Olga Arias Gundín (Universidad de León)

Roger Azevedo (McGill University)

Fátima Maria Bezerra Barbosa (Universidade do Minho)

Isabel Cantón Mayo (Universidad de León)

María Clemente (Universidad de Salamanca)

Delio del Rincón Igea (Universidad de León)

Mathias Gruenke (Universidad de Colonia-Alemania)

José Manuel Muñoz Rodríguez (Universidad de Salamanca)

Joaquín Prats Cuevas (Universidad de Barcelona)

Pedro Rosario (Universidad de Minho)

Maria del Mar Ruiz Domínguez (Universidad de Almería)

Georgios Sideridis (Harvard Medical School)

José Antonio Cecchini Estrada (Universidad de Oviedo)

José Vicente Peña Calvo (Universidad de Oviedo)

Samuel Fernández Fernández (Universidad de Oviedo)

José Luis San Fabian Maroto (Universidad de Oviedo)

Julián Pascual Díez (Universidad de Oviedo)

Raquel Fidalgo Redondo (Universidad de León)

Comité científico

E.I. Aguado Cruz (Universidad de Mexico)

Ángel Aguirre (Universidad de Barcelona)

Susana Anton Priasco (Universidad de Buenos Aires)

Faye Antoniou (Universidad Thessaly-Grecia)

José Miguel Arias Blanco (Universidad de Oviedo)

Ana Rosa Arias Gago (Universidad de León)
Pilar Aznar (Universidad de Valencia)
Roberto Baelo (Universidad de León)
Fernando Bahr (Universidad Nacional de General Sarmiento-Argentina)
Modesto Berciano (Universidad de Oviedo)
Ana Bernardo (Universidad de Oviedo)
José María Blázquez (Universidad Complutense)
José Luís Carballo Crespo (Universidad Miguel Hernández)
Clarc Colahan (Whitman College Washington)
M^a Jesús Comenero Ruiz (Universidad de Jaén)
Onofre Contreras Jordán (Universidad de Catilla La Mancha)
José Manuel Coronel (Universidad de Huelva)
Ana María de Caso Fuertes (Universidad de León)
Delio del Rincón Igea (Universidad de León)
Anastsia Efkliides (Aristotle University of Thessaloniki)
Isabel María Ferrandiz Vindel (Universidad de Castilla-La Mancha)
Raquel Fidalgo Redondo (Universidad de León)
Javier Fombona Cadavieco (Universidad de Oviedo)
Octavi Fullat (Universidad de Barcelona)
Marta Soledad García (Universidad de Oviedo)
Ángel García de Dujo (Universidad de Salamanca)
Eduardo García Miranda (Universidad de La Laguna)
Bernardo Gargallo (Universidad de Valencia)
Antonio González Carlomán (Universidad de Oviedo)
Vicente José González García (Universidad de Oviedo)
Mercedes González Sanmamed (Universidad de A Coruña)
Antonio Hernández Fernández (Universidad de Jaén)
Juan Eugenio Jiménez (Universidad de La Laguna)
Manuel Laíz Gallo (Dr Honoris Causa Universidad de Oviedo)
Juan José Lastra Menéndez (Universidad de Oviedo)
Alejandro Llano (Universidad de Navarra)
Jose Luis López Salas (Universidad de Oviedo)
Gloria López Tellez (Universidad de Oviedo)
Miguel Lorente (Universidad de Oviedo)
José Luís Lupiañez (Universidad de Granada)
Dionisio Manga Rodríguez (Universidad de León)
Francisco Martín del Buey (Universidad de Oviedo)
M^a Eugenia Martín Palacio (Universidad Complutense)
Miquel Martínez (Universidad de Barcelona)
Maria Angustias Ortiz Molina (Universidad de Granada)
R. Panikkar (Universidad de California)
Marcelino Raigoso (Universidad de Oviedo)
Alejandro Rodríguez Martín (Universidad de Oviedo)
Santiago Romero Granados (Universidad de Sevilla)
Fernando Jose Sadio Ramos (Instituto politécnico de Coimbra)
Jesús Daniel Santos Rodríguez (Universidad de Oviedo)
José Manuel Touriñan López (Universidad de Santiago de Compostela)
Antonio Valle (Universidad de A Coruña)
Maria Luisa Zagalaz Sánchez (Universidad de Jaén)

ISSN: 2340-4728



Presentación del monográfico

El uso de la tecnología en el aula es, actualmente, una realidad en todos los niveles educativos. Desde el uso de entornos virtuales de aprendizaje en educación superior a la programación de robots en las aulas de educación infantil, los entornos tecnológicos de todo tipo han cobrado un papel destacado en el fenómeno educativo. La novedad del instrumento, la modificación del tipo tradicional de interacción en el aula y la generación de nuevos problemas derivados de la tecnología han abierto un gran campo de problemas en la investigación educativa en general, y en la investigación en educación matemática, en particular. En este sentido, tampoco el ámbito de formación del profesorado es ajeno a este cambio de paradigma. Así, en este contexto, la reflexión sobre las ventajas e inconvenientes de estos entornos digitalizados para la enseñanza-aprendizaje se ha convertido en una de las tendencias actuales en el panorama de la investigación e innovación educativas.

Pese a que el uso de herramientas tecnológicas ha ocupado un papel principal en la didáctica de las matemáticas desde finales del siglo pasado, la investigación en educación matemática se ha visto beneficiada en los últimos años de este nuevo ecosistema basado en los entornos tecnológicos. Así, han aparecido nuevas perspectivas de investigación sobre el uso e influencia de la tecnología en los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas. Estos nuevos horizontes para la investigación e innovación en educación matemática han sido posibles, en parte, gracias al reciente resurgimiento de movimientos de integración de aprendizajes como son el movimiento *STEM* (del acrónimo inglés *Science, Technology, Engineering, and Mathematics*), la robótica educativa o el movimiento *Maker*, por nombrar algunos ejemplos. En todos ellos las matemáticas juegan un papel importante, bien como parte del proceso de la resolución de un problema, o bien como contenido que se pone en juego durante el desarrollo de proyectos o diseño de soluciones en los que se integran otros contenidos propios de la ingeniería, las ciencias o la tecnología.

El objetivo de este monográfico es generar conocimiento sobre la interacción entre matemática y tecnología dentro de estos ecosistemas o entornos de enseñanza y aprendizaje. Esta interacción, como se ha señalado arriba, puede ponerse de manifiesto de manera explícita mediante procesos de instrucción o de resolución de problemas matemáticos con herramientas tecnológicas, o de manera implícita, utilizando lógica, argumentación, algoritmos y objetos matemáticos en la resolución de problemas de otra índole. Con el afán de ilustrar estos campos, en el monográfico confluyen diferentes trabajos relacionados con los entornos tecnológicos en educación matemática desde varias perspectivas: desde aproximaciones con investigación experimental sobre el uso de herramientas tecnológicas a experiencias de innovación basadas en investigación, o herramientas con un potencial de uso en el ámbito educativo. A continuación, describimos brevemente las aportaciones que se incluyen en este número, con la intención de dar una visión global de esta publicación.

La contribución "Un proyecto de innovación didáctica e investigación enfocado en la Didáctica del Álgebra Superior mediada por recursos tecnológicos" de Ordóñez, Ordóñez, Contreras, García y Ruiz, describe una propuesta de innovación para la enseñanza del álgebra en niveles de educación superior a través de recursos tecnológicos. En este trabajo se muestra cómo la creación de un entorno tecnológico basado en web para la enseñanza de un curso de álgebra de un grado en ingeniería informática permite adaptar y orientar procesos de instrucción, logrando optimizar el aprendizaje de los y las estudiantes.

Para el caso de primeras edades escolares, Pérez y Diago presentan en "Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con *Bee-bot*" un trabajo sobre la capacidad de estudiantes de Educación Infantil y Primaria para elaborar programas (en el sentido computacional) haciendo uso de su propio lenguaje y de un lenguaje de programación visual por bloques básico. Se analizan, desde la perspectiva de la resolución de problemas de matemáticas, las actuaciones de varias parejas de estudiantes a la hora de idear, generar, desplegar y gestionar estrategias que les permitan abordar problemas implementados en un entorno tecnológico basado en el robot *Bee-bot*.

López-Iñesta, García-Costa, Grimaldo y Vidal-Abarca describen en "*Read&Learn*: una herramienta de investigación para el aprendizaje asistido por ordenador" el uso de la herramienta online *Read&Learn* aplicada en un contexto relacionado con la educación matemática: la resolución de problemas de estadística en educación universitaria. Este entorno tecnológico permite diseñar secuencias de problemas en las que se omiten partes del texto o se introduce información superflua, a elección del profesor. Con este estudio, se profundiza respecto a cómo los y las estudiantes gestionan y abordan un proceso de resolución de problemas cuando la información es incompleta o, incluso, contradictoria.

En el trabajo "Diseño de un estudio exploratorio para la aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje en la enseñanza de las fracciones en 5º curso de Educación Primaria", Rodríguez, González-Calero y Cózar analizan el potencial de dispositivos tecnológicos de respuesta remota (*clickers*) a la hora de construir secuencias de enseñanza personalizadas, en la asignatura de matemáticas en 5º curso de Educación Primaria. Para ello, estudian la aplicación de técnicas analíticas basadas en métricas de aprendizaje en un ámbito educativo concreto, con el fin de que éstas constituyan un elemento de control de la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas escolares.

Por último, el trabajo "Contribución de la Robótica Educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria" de Suárez, García, Martínez y Martos, muestra una propuesta para el último ciclo de Educación Primaria basada en el uso de una plataforma robótica educativa. Con el objetivo de reforzar la adquisición de competencias matemáticas relacionadas con el pensamiento computacional y la resolución de problemas matemáticos, se aborda el diseño e implementación de una experiencia basada en uno de los robots de la compañía LEGO, y se analizan las ventajas e inconvenientes de la propuesta.

Con esta muestra de trabajos pretendemos contribuir y ampliar el espectro de investigaciones e innovaciones orientadas a profundizar en el papel de los entornos tecnológicos en los procesos propios de la didáctica de las matemáticas. Consideramos que el potencial que estas herramientas tecnológicas pueden ofrecernos, y su interacción con el profesorado y los y las estudiantes, está todavía por explotar y puede ser clave para el desarrollo de metodologías de investigación en educación matemática. Confiamos en que los lectores y las lectoras de este número aprecien de igual modo las contribuciones y participen de esta realidad investigadora que está naciendo a la realidad.

Luis J. Rodríguez Muñiz (Universidad de Oviedo)

Pascual D. Diago Nebot (Universitat de València)

José Antonio González-Calero Somoza (Universidad de Castilla-La Mancha)



Tabla de contenidos / Contents

Presentación del Monográfico

Matemática, tecnología y entornos de enseñanza-aprendizaje

Luis J. Rodríguez Muñoz, Pascual D. Diago Nebot y José Antonio González-Calero Somoza

Artículo de investigación / Research article

Un proyecto de innovación didáctica e investigación enfocado en la didáctica del álgebra superior mediada por recursos tecnológicos/ A project of didactic innovation and research focused on the didactics of the superior algebra mediated by technological resources

1-8

Carmen Ordóñez Cañada, Lourdes Ordóñez Cañada, Ángel Contreras de la Fuente, Miguel Ángel García Muñoz y Juan Francisco Ruíz Ruíz

Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot/ Exploratory study on symbolic programming languages in problem-solving activities with Bee-bot

9-20

Gema Pérez Buj y Pascual D. Diago Nebot

Read&Learn: una herramienta de investigación para el aprendizaje asistido por ordenador/ Read & Learn: a research tool for computer-assisted learning

21-28

Emilia López-Iñesta, Daniel García-Costa, Francisco Grimaldo y Eduardo Vidal-Abarca

Experiencia-Innovación / Experience-Innovation

Diseño de un estudio exploratorio para la aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje en la enseñanza de las fracciones en 5º curso de Educación Primaria/ Design of an exploratory study for the application of learning analytical techniques in the teaching of fractions in the 5th year of Primary Education

29-42

José Antonio Rodríguez, José Antonio González-Calero y Ramón Cózar

Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria/ Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in primary education

43-54

Adrián Suárez Zapata, Daniel García Costa, Pedro A. Martínez Delgado y Julio Martos Torres

Reseña de libro

Urra, J. (2010). *Educación con sentido común, todo lo que hay que saber para que tus hijos y tú seáis felices*. Madrid: Santillana.

M^a Ángeles Hernández Prados

ISSN: 2340-4728



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

MAGISTER

www.unioviado.es/reunido



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Un proyecto de innovación didáctica e investigación enfocado en la didáctica del álgebra superior mediada por recursos tecnológicos

Carmen Ordóñez Cañada*¹, Lourdes Ordóñez Cañada², Ángel Contreras de la Fuente², Miguel Ángel García Muñoz¹ y Juan Francisco Ruíz Ruíz¹

¹Universidad de Jaén. Facultad de Ciencias Experimentales. Departamento de Matemáticas, ²Universidad de Jaén. Facultad de Humanidades y Ciencias de la Educación. Departamento de Didáctica de las Ciencias.

PALABRAS CLAVE

Análisis de manuales
Significados personales
Mathematica
Grado en Ingeniería
Informática
Recursos audiovisuales

KEYWORDS

Analysis of text books
Personal meanings
Mathematica
Degree in Computer
Engineering
Audiovisual materials

RESUMEN

La enseñanza y aprendizaje del Álgebra Superior para estudiantes del Grado en Ingeniería Informática, es frecuente que esté mediada por el uso del ordenador. Conscientes de ello, profesores de Álgebra de la Universidad de Jaén editamos un manual de prácticas para la asignatura Matemática Discreta, en el que se proporcionan programas originales (con Mathematica). Para la actualización de este manual, respecto de los contenidos, se introducirán cambios que permitan mejorar y optimicen el aprendizaje matemático, según las consideraciones didácticas extraídas de investigaciones realizadas dentro de un proyecto de tesis doctoral. Se han obtenido resultados relativos, tanto a los significados personales de los estudiantes (analizando la influencia de este software, los conflictos y fenómenos didácticos emergidos), como al significado institucional en manuales universitarios que abordan esta materia, cuando la enseñanza y aprendizaje se realiza en entornos computacionales. Por otro lado, se ha realizado una encuesta a 210 alumnos en este curso, acerca de los recursos tecnológicos que utilizan en el estudio de la asignatura y sus preferencias, que ha puesto de manifiesto la necesidad de soportes más dinámicos (páginas web o canales como YouTube) para el aprendizaje en la Universidad. Estas ideas se plasmaron en un proyecto de innovación docente de la Universidad de Jaén, para obtener medios humanos y técnicos y lograr una nueva edición del manual, utilizando recursos audiovisuales en un espacio web accesible y de gran difusión, e implementando las conclusiones logradas por la investigación en Didáctica de la Matemática.

A project of didactic innovation and research focused on the didactics of the superior algebra mediated by technological resources

ABSTRACT

Teaching and learning of Advanced Algebra for students of the Degree in Computer Engineering, is often carried out by the use of the computer. Aware of this, Algebra professors at the University of Jaén published a practice manual for the Discrete Mathematics course, in which original programs in the software Mathematica are included. For the update of this manual, with respect to the contents, changes will be

Universidad de Jaén

Autora de correspondencia: * Carmen Ordóñez Cañada. E-mail: ccanada@ujaen.es. Universidad de Jaén. Facultad de Ciencias Experimentales. Departamento de Matemáticas. Despacho B3-015. Paraje las Lagunillas s/n. 23071 – Jaén. (España). +953 212 414.

Recibido el 28/05/2018 – Aceptado el 11/09/2018

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa
Facultad de Formación del Profesorado y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

introduced to improve and optimize the mathematical learning, according to the didactic considerations taken from research carried out within a doctoral thesis project. Relative results have been obtained, both to the personal meanings of the students (analyzing the influence of this software, conflicts and didactic phenomena emerged), as well as to the institutional meaning in university manuals that approach this subject, when teaching and learning takes place in computing environments. On the other hand, results of a survey we conducted with 210 students regarding the technological resources they use and their preferences when studying, revealed the need for more dynamic support materials (websites or channels such as YouTube) to assist learning at university. These ideas were reflected in a teaching innovation project carried out by the University of Jaén, which collected human and technical resources for a new edition of the manual, using audiovisual materials on an accessible and widely disseminated web space, and implementing the conclusions reached in our research into Mathematic Education.

Introducción

Matemática Discreta es una asignatura de primer curso/primer semestre, del Grado en Ingeniería Informática en la Universidad de Jaén. Es una materia de formación básica pues en las estructuras algebraicas objeto de su estudio, se basan la arquitectura de un ordenador, los diseños de algoritmos, o materias tan cruciales como la Criptografía o Seguridad informática.

El aprendizaje del Álgebra en general, a nivel universitario, presenta bastantes dificultades según muestran distintas investigaciones en Didáctica de la Matemática (Dubinsky y Yiparaki, 2000; Harel y Sowder, 2007; Lacués, 2011; Distéfano, Pochulu y Font, 2015), fundamentalmente, por el grado de abstracción, el lenguaje matemático de alto nivel o la necesidad de desarrollar un razonamiento lógico deductivo.

La procedencia diversa del alumnado, tanto desde los ciclos formativos de grado superior como desde bachillerato, unido a la baja nota de corte actualmente en la Universidad de Jaén, caracteriza un grupo de alumnos numeroso, debido al auge de las ciencias de la computación, con un nivel muy diverso en Matemáticas, aunque, generalmente bajo. Todo ello se pone de manifiesto en la baja tasa de rendimiento de la asignatura y es significativo el elevado porcentaje de no presentados: durante el curso 2016-17, no se presentaron alrededor del 41% de los estudiantes en la convocatoria ordinaria y del 64% en la extraordinaria.

Por otro lado, la instrucción para el Grado en Ingeniería Informática está mediada, frecuentemente, por el uso del ordenador. Conscientes de la carencia de materiales para el estudio de esta materia utilizando recursos tecnológicos, profesores de Álgebra de la Universidad de Jaén editamos un manual de prácticas (García-Muñoz, Ordóñez y Ruíz, 2006) para la asignatura Matemática Discreta, en el que se proporcionan programas originales con el software Mathematica de todos los capítulos que componen el temario de la asignatura. Dicho texto contiene un CD-ROM en el que se incorporan los programas, preparados para ejecutarlos, además de distintos ejercicios resueltos y propuestos. La edición de dicho manual se realizó a través del servicio de publicaciones de la universidad y se han vendido mil ejemplares.

La necesidad de una nueva edición es clara debido a que la Informática y las características del alumnado cambian a un ritmo vertiginoso. Por un lado, los programas del libro de texto se realizaron para la versión 5.0 de Mathematica, ahora desfasada, de forma que es necesario actualizarlos e incorporar otros nuevos. Además, es necesario un soporte más dinámico (en lugar del obsoleto CD) para hacer llegar los contenidos del manual al estudiante y que permita el acceso rápido a través de móvil, tableta, etc.

Por otra parte, la enseñanza y aprendizaje de esta materia adquiere unas características especiales por la influencia del uso del ordenador y del lenguaje y procedimientos algorítmicos propios de la Informática. Diversos investigadores en Didáctica de la Ma-

temática muy relevantes como Balacheff (1994) o Artigue (2015), concluyen que el uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza y aprendizaje de la Matemática no está exento de conflictos.

La Didáctica de las Matemáticas es una disciplina científica que teoriza la producción y la comunicación del saber matemático, por lo que se centra en aquello de específico que tengan los fenómenos de comunicación y transformación de un saber matemático. Además de esto, la Didáctica plantea ir más allá; a través del análisis deberá permitir emitir juicios de adaptación, pertinencia o eficacia que orienten en el diseño e implementación de los procesos de instrucción con el objetivo de mejorar y optimizar el aprendizaje matemático. Como expresan Godino, Batanero y Font (2008):

El fin específico de la Didáctica de las Matemáticas, como campo de investigación, es el estudio de los factores que condicionan los procesos de enseñanza y aprendizaje de las matemáticas y el desarrollo de programas de mejora de dichos procesos. (...)

Para lograr este objetivo, la Didáctica de las Matemáticas debe considerar las contribuciones de diversas disciplinas como la psicología, pedagogía, filosofía, o la sociología. Además, debe tener en cuenta y basarse en un análisis de la naturaleza de los contenidos matemáticos, su desarrollo cultural y personal, particularmente en el seno de las instituciones escolares. Este análisis ontológico y epistemológico es esencial para la Didáctica de las Matemáticas ya que difícilmente podría estudiar los procesos de enseñanza y aprendizaje de objetos difusos o indefinidos. (pp.7-8)

La investigación sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas, y en particular, del Álgebra Superior, requiere aplicar las "herramientas teóricas y metodológicas que ayuden a describir, explicar y tomar decisiones instruccionales fundamentadas" (Godino, 2017, p.1).

Así, la investigación y colaboración con el departamento de Didáctica de las Ciencias, es imprescindible a la hora de evaluar el impacto del manual en la enseñanza y aprendizaje del Álgebra para estos estudiantes.

Se han realizado diversas investigaciones (Ordóñez, Ordóñez y Contreras, 2013, 2104 y 2015; Ordóñez, Ordóñez, Contreras y Ruíz, 2017) que se enmarcan en un proyecto de tesis doctoral avanzado acerca de la instrucción en el contexto de la Teoría de Números mediada por un entorno computacional, cuyo objetivo general es describir y analizar la influencia del software Mathematica en la enseñanza y aprendizaje de la asignatura de Matemática Discreta para los estudiantes del Grado de Ingeniería Informática. Se aplicarán las conclusiones extraídas en estas investigaciones para implementar procesos de instrucción encaminados a una mejora en la enseñanza y aprendizaje de la Matemática Discreta.

Objetivos del proyecto

Según Plan de Innovación e Incentivación de las Buenas Prácticas Docentes en la Universidad de Jaén 2016 (PI2D-UJA 2016) “la innovación se plantea desde una filosofía de trabajo por objetivos que se traduzcan en resultados evaluables” (p.3). La evaluación de la enseñanza y aprendizaje de las Matemáticas con objeto de implantar propuestas de innovación, no es una cuestión trivial; por el contrario, consideramos que dicha evaluación debe estar refrendada por un método científico, en nuestro caso, el que proporciona una disciplina como la Didáctica de las Matemáticas (Godino, 2017).

Todo lo expuesto motivó la solicitud de un proyecto de innovación docente en la Universidad de Jaén con objeto de obtener medios humanos y técnicos que permitan lograr una actualización dinámica del manual de Matemática Discreta, utilizando recursos audiovisuales en un espacio web accesible y de gran difusión, de forma que contribuyan a la mejora en la enseñanza y aprendizaje de esta asignatura. La aplicación de investigaciones realizadas en Didáctica de la Matemática sobre Teoría de Números mostraron, por ejemplo, dificultades de los estudiantes en el estudio de una demostración con Mathematica (Ordóñez et al., 2013), que se incluye en el manual, y pusieron de manifiesto la poca consideración de las hipótesis en este estudio (Ordóñez et al., 2014), así como distintos errores, relativos al lenguaje del programa Mathematica. Por tanto, se obtuvieron criterios para evaluar e implementar mejoras en el manual, que permitan incidir en las cuestiones conflictivas para el estudiante: añadir comenta-

rios o ejercicios significativos que clarifiquen y ayuden a superar las dificultades encontradas. Todo ello ha sido posible gracias a la colaboración entre las áreas de Didáctica de las Matemáticas y de Álgebra de la Universidad de Jaén.

El proyecto se tituló “Actualización dinámica de manuales con recursos audiovisuales según investigaciones en Didáctica de la Matemática”, fue presentado dentro del plan PI2D-UJA 2016 y aprobado en la resolución de 20 de abril de 2017 (Vicerrectorado de Enseñanzas de Grado, Postgrado y Formación Permanente) con código PID32_201617, con dos años de duración. El equipo está formado por los autores de este trabajo y ha sido muy valorada la colaboración interdepartamental por los evaluadores del proyecto.

Metodología

La velocidad de avances en las nuevas tecnologías y la aparición de nuevas versiones del programa Mathematica requieren una actualización constante del manual. Así, para alcanzar los objetivos se propone una metodología que consta de dos partes diferenciadas: la primera, corresponde a la actualización de contenidos del texto escrito aplicando las investigaciones didácticas realizadas, mientras que la segunda está encaminada a la construcción del soporte técnico, tanto de audiovisuales como de su alojamiento en internet. Se ha dividido en dos bloques: A y B. En la Figura 1, se presenta, a modo de esquema, las actuaciones que componen cada bloque. En negrita, aparecen las acciones abordadas hasta el momento.

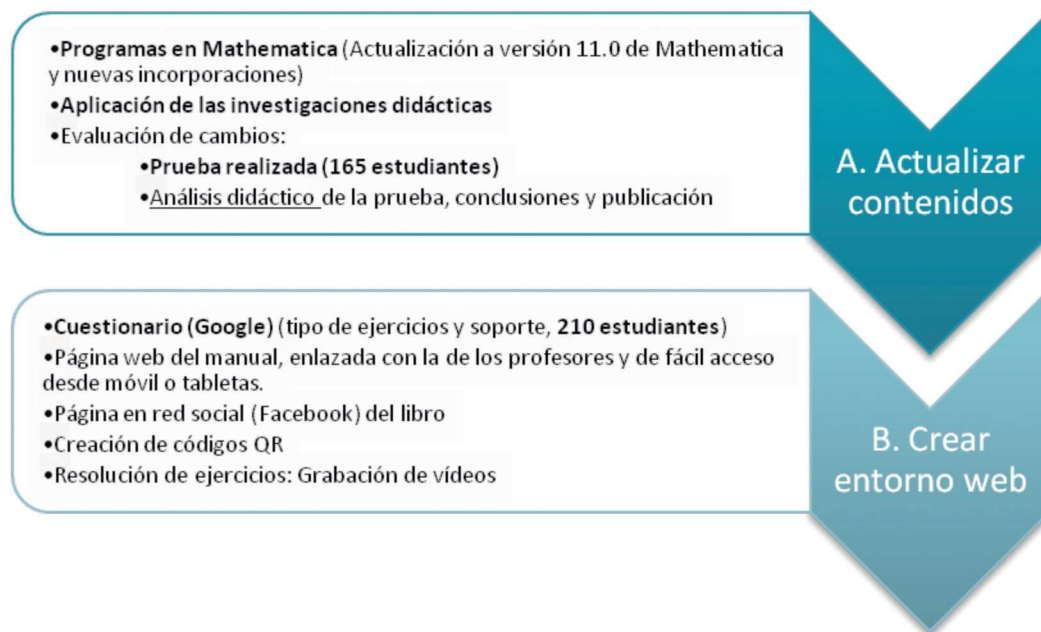


Figura 1. Metodología en el proyecto

Para la actualización de contenidos del texto escrito (bloque A de la Figura 1), en formato papel, se propuso:

A.1. Modificar el texto y los programas a versiones más actuales de Mathematica (11 o superiores, si existen en los dos años de duración del proyecto) y añadiendo otros nuevos. Esto recaerá en los profesores del área de Álgebra.

A.2. Aportar conclusiones extraídas de investigaciones en Didáctica de la Matemática que analizan y describen el impacto del uso del programa Mathematica en temática de Matemática Discreta para alumnos del Grado de Ingeniería Informática. Para ello:

A.2.1. Se propone la realización de una revisión y mejoras en el texto en la línea de las tendencias investigadas en los manuales recomendados por otras universidades. Concretamente, en

Ordóñez et al. (2015) se analiza la forma en que se abordan temas de Matemática Discreta y sus aplicaciones a la Informática, en textos recomendados para los estudios del Grado en Ingeniería Informática.

En esta línea se incluirá un mayor número de ejercicios (de exámenes de teoría y prácticas del Grado) adjuntando su resolución, en formato web, con el uso de medios audiovisuales.

A.2.2. Se proponen modificaciones que ayuden a corregir errores y conflictos descritos a través del análisis de las prácticas realizadas por los estudiantes en Ordóñez et al. (2013, 2014 y 2017) y

A.2.3. Se evaluarán los cambios antes de hacerlos definitivos, a través de un análisis de los significados personales de los alumnos, realizado mediante un cuestionario en el aula de prácticas,

que se realizó en diciembre de 2017. Se recogieron las respuestas de 165 estudiantes. El análisis didáctico de la misma está en curso, los resultados y conclusiones extraídas del mismo serán objeto de una publicación en *Didáctica de la Matemática*.

Para abordar el trabajo en el soporte técnico apropiado (bloque B en la Figura 1), se elabora un cuestionario Google que ponía de manifiesto las preferencias del alumnado, tanto respecto del entorno web como del tipo de ejercicios que les gustaría. El cuestionario fue completado en octubre de 2017 por los estudiantes matriculados en *Matemática Discreta*, en la hora de prácticas de la asignatura. Consta de 16 ítems: las primeras preguntas, más generales, están encaminadas a constatar las redes sociales más

utilizadas por estos estudiantes, sus preferencias respecto de páginas web, navegadores o canales audiovisuales, dispositivos móviles más utilizados (teléfonos, tabletas,...), etc. Ellas aportan información para seleccionar el soporte técnico más cercano a este tipo de estudiantes. A continuación, se exponen los resultados que corresponden a las preguntas de la 13 a la 16, pues son más significativas por estar directamente relacionadas con la nueva edición del manual.

En el ítem 13 (Figura 2), se obtuvieron 210 respuestas. Los problemas más demandados fueron los problemas de exámenes, junto a ejemplos básicos y ejercicios de destrezas y preguntas tipo.

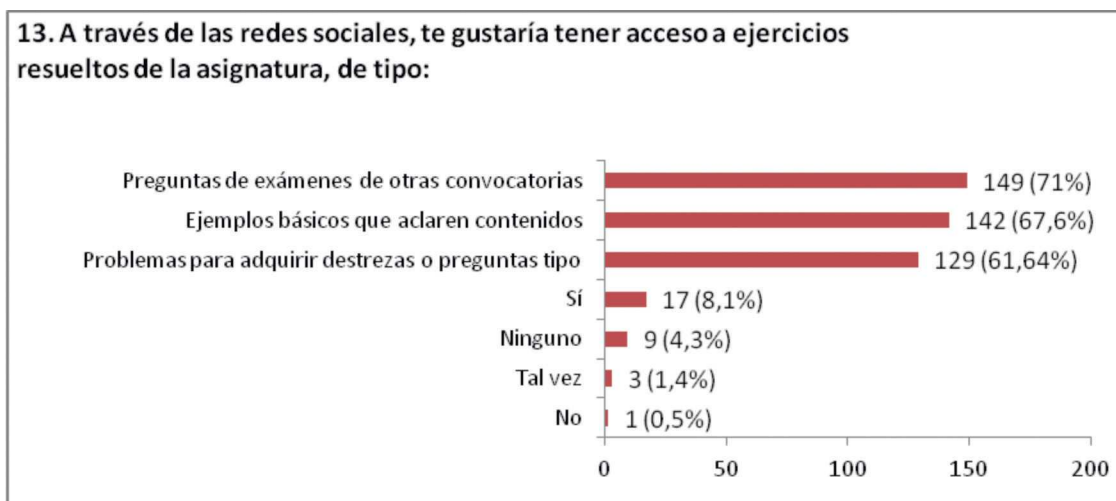


Figura 2. Ítem 13

De 189 respuestas obtenidas (algunos estudiantes no contestaron) en el ítem 14 (Figura 3), el más demandado es formato digital, un 81,5% frente al formato escrito (25%) y un 67,7% de-

manda la propuesta de recursos audiovisuales. Interpretamos que prefieren el formato pdf frente a los vídeos, debido a que la modalidad de examen no es la oral.

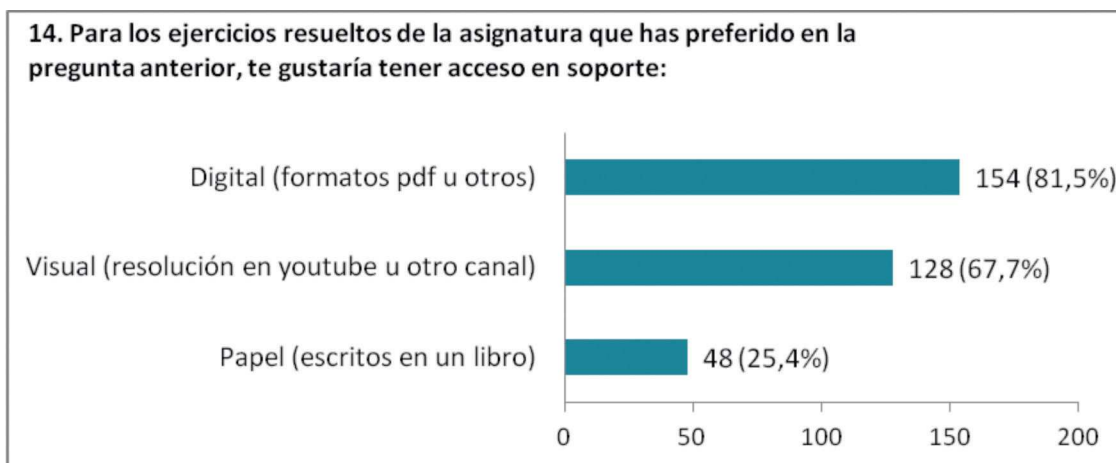


Figura 3. Ítem 14

Para el ítem 15 (Figura 4), se obtuvieron 189 respuestas, y es significativo que el 65% de estudiantes prefiere un número

pequeño de ejercicios de cada tipo, entre 2 y 4, cuestión que justificaban por la falta de tiempo.

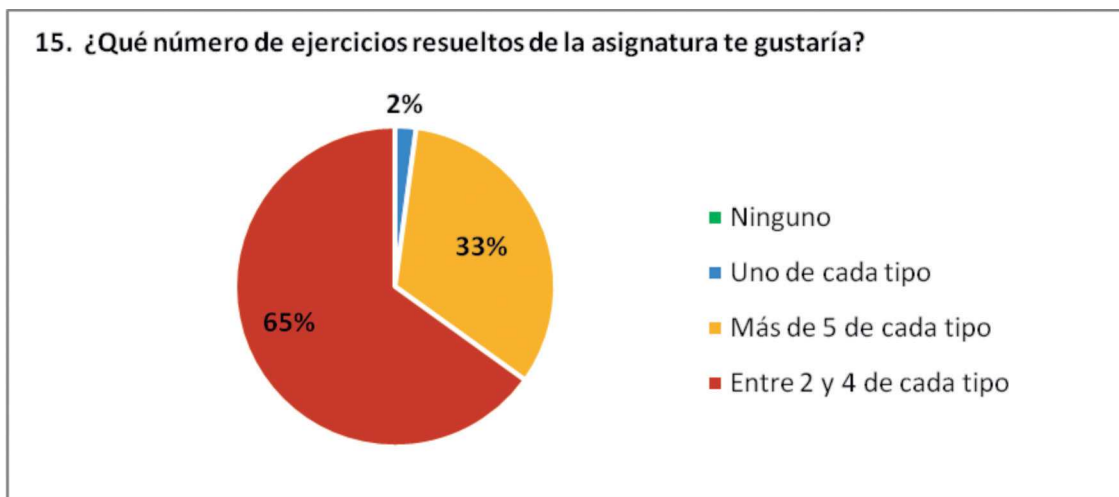


Figura 4. Ítem 15

Casi el 95% de 189 repuestas recogidas en el ítem 16 (Figura 5), prefieren la resolución en el momento o al día siguiente, como máximo.

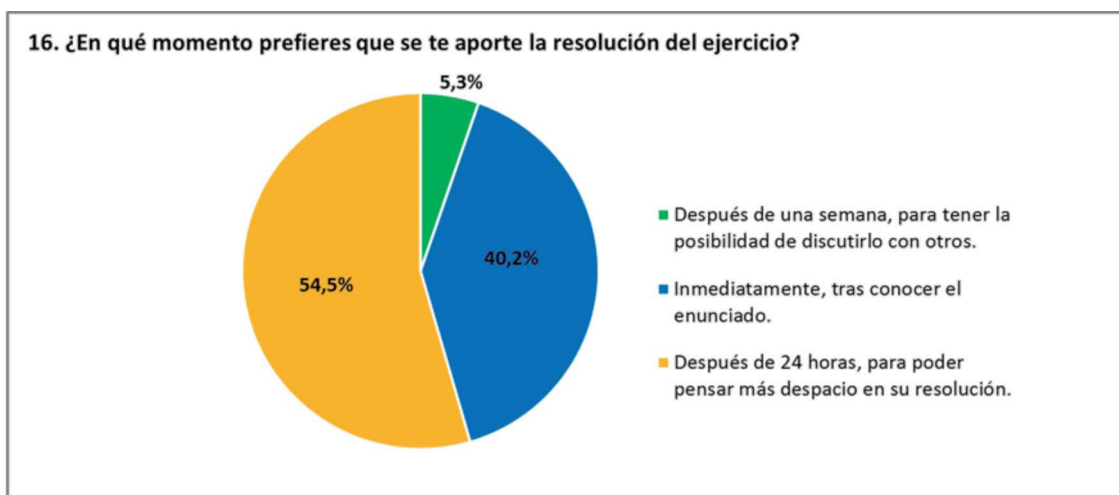


Figura 5. Ítem 16

De las consideraciones obtenidas de los estudiantes a través del cuestionario, se decide:

B. La creación de un entorno web (bloque B en la Figura 1) que consta de dos partes:

B.1. Una página web en la que alojar una guía del manual, que enlace con las páginas web de los profesores de la asignatura y facilite el seguimiento de las prácticas por parte del estudiante durante todo el cuatrimestre, a través del móvil o la tableta, y

B.2. Una página en Facebook del libro en el que se incluyan videos explicativos de la resolución de ejercicios. A los recursos audiovisuales en Facebook se accederá también a través de un código QR, que se situará en cada capítulo, y será preciso crear para su captura en el texto de exámenes de otros años del Grado en Ingeniería Informática, tanto en formato escrito (pdf u otros) como con el software Mathematica.

La construcción del soporte técnico, correrá a cargo de un becario del Grado en Ingeniería Informática (que haya solicitado las prácticas Ícaro de la UJA) y la participación de estudiantes voluntarios, en la grabación de los vídeos.

El equipo de investigadores de Didáctica de la Matemática interviene en el diseño del cuestionario Google y la aplicación de las investigaciones didácticas, así como el análisis didáctico encaminado a la evaluación de cambios en el manual. La coordina-

ción del proyecto está a cargo de la profesora del área de Álgebra y que pertenece al equipo de investigadores en Didáctica.

Marco teórico y antecedentes

Se adopta como marco teórico el enfoque ontosemiótico del conocimiento e instrucción matemáticos (Godino, 2002; Godino y Batanero, 1994; Godino, Batanero y Font, 2007; Godino, 2017), cuyas componentes y constructos se adaptan al estudio de los fenómenos y procesos que intervienen en la educación matemática sobre esta temática.

En este marco se consideran los significados de los objetos matemáticos como los sistemas de prácticas. Si las prácticas las realiza una persona, se hablará de significados personales, y si son compartidas en el seno de una institución, se trata de significados institucionales (Godino y Batanero, 1994, p.334). En las investigaciones realizadas, se han obtenido resultados relativos a los significados personales y al significado institucional en manuales, como se verá en la sección siguiente. Una forma de caracterizarlos será analizar las dificultades y errores en términos de *conflictos semióticos* que, según Godino (2002), se definen como "toda disparidad o desajuste entre los significados atribuidos a una misma expresión por dos sujetos (personas o instituciones)

en interacción comunicativa y pueden explicar las dificultades y limitaciones de los aprendizajes y las enseñanzas implementadas." (p.258). Por tanto los trabajos que se aplican presentan una investigación de caracterización de significados.

La temática de este trabajo es innovadora pues el marco de referencias es escaso en la literatura sobre el tema. Sin embargo, se pueden considerar como referencias trabajos que se encuentran relacionados con el estudio del Álgebra (a nivel universitario) o las matemáticas, mediado por un software informático.

Harel y Sowder (2007) en relación al estudio del Álgebra y la demostración se cuestionan:

(...) en vista del auge del uso de las tecnologías electrónicas en educación, especialmente sistemas informáticos del álgebra, uno debería preguntarse igualmente: ¿Podrían estas herramientas privar, o por el contrario, proporcionar, a los estudiantes la oportunidad de desarrollar habilidades de manipulación algebraica que pueden ser necesarias para el desarrollo de una noción avanzada de demostración? (p.824)

Además, en este trabajo ponen de manifiesto también dificultades de los estudiantes en relación al uso del lenguaje simbólico. Otros investigadores como Dubinsky y Yiparaki (2000), analizaron conflictos de significado de estudiantes universitarios de varios niveles. Lacués (2011) estudia estas dificultades en una experiencia de enseñanza de sistemas matemáticos de símbolos, en alumnos que ingresan en carreras de ingeniería. Distéfano, Pochulu y Font (2015) investigan acerca del uso de algunos símbolos matemáticos (entre ellos \forall o \exists) en alumnos que acceden a carreras universitarias y cursan matemáticas en su plan de estudios. También explican:

Estos símbolos no son de uso frecuente en la escuela media pero son indispensables en el desarrollo de asignaturas de Matemática impartidas a nivel universitario. (p.203).

Existen distintas investigaciones didácticas que analizan la influencia de un software informático para estudiantes universitarios: Kilicman, Hassan y Husain (2010) presentan una investigación donde utilizan Maple en el estudio de Álgebra Lineal; Maat y Zakaria (2011) investigan sobre la influencia de Maple en el estudio de ecuaciones diferenciales ordinarias para estudiantes de ingeniería; Codes (2015) analiza el impacto de Maple en la comprensión de conceptos de series numéricas y los distintos resultados y dificultades que se han obtenido en la investigación con dicho alumnado. Obtiene que "la herramienta de cálculo simbólico se muestra como facilitadora de la construcción del conocimiento" (p. 227) pero que en ocasiones, por el uso que hacen los estudiantes, se convierte en un simple "entorno para la experimentación a ciegas".

Resultados de las investigaciones de los autores

Las investigaciones de los autores enlazadas con el proyecto se pueden dividir en: aquellas relacionadas con las dificultades de los estudiantes o relativas a los significados personales (Ordóñez et al., 2013, 2014 y 2017) y las relacionadas con el análisis de manuales, y por tanto referidas al significado institucional (Ordóñez et al., 2015).

a) En el primer trabajo (Ordóñez et al., 2013), se muestra una investigación didáctica acerca de la enseñanza y aprendizaje de una demostración que forma parte del temario de la asignatura de Matemática Discreta. En ella se analiza la influencia de un software científico, como Mathematica, en el estudio de esta demostración, utilizando el marco teórico del enfoque ontosemiótico. Se estudian las respuestas de cuestionarios sobre una muestra formada por 132 alumnos de la Universidad de Jaén; se clasifican y cuantifican los conflictos semióticos manifestados por dichos

estudiantes, lo que permite caracterizar sus significados personales y determinar fenómenos didácticos que se producen.

En concreto, del análisis cuantitativo, se observa que:

Los estudiantes no comprenden bien el esquema de demostración estudiado, porque no aplican la proposición o porque utilizan criterios erróneos, como la posición, para la elección del inverso (...). Al trabajar la demostración con recursos informáticos, han aparecido nuevos conflictos derivados de las características del programa Mathematica. (ibíd. p.8)

Entre los conflictos hallados más frecuentes, en el uso de Mathematica, destacamos los relativos a la sintaxis, la forma de realizar los cálculos a través del núcleo, etc., lo que pone de manifiesto la debilidad del programa en el lenguaje. Balacheff (1994) habla de la transposición informática:

Para designar el trabajo sobre un conocimiento que permite una representación simbólica y la implementación de esta representación mediante un dispositivo informático, ya sea para "mostrar" el conocimiento o "manipularlo". En el contexto de los entornos de aprendizaje por computadora, esta transposición adquiere una importancia particular. Significa, de hecho, una contextualización del conocimiento que puede tener un impacto significativo en los resultados de aprendizaje. (p.14)

De esta forma, se constata en esta investigación cómo la transposición informática no está exenta de dificultades, como ya se veía en Balacheff (1994) y Artigue (2015).

Se concluye que, a pesar de las dificultades que conlleva el programa Mathematica, el impacto del mismo en el aprendizaje de la demostración ha sido muy positivo pues facilita la resolución y permite al estudiante centrarse en la demostración, evitando que se disperse con tediosos cálculos numéricos. También permite visualizar las dificultades encontradas en este esquema de demostración.

Se obtuvieron pocos conflictos semióticos debido al lenguaje del entorno (Windows), lo que interpretamos que es debido a la habilidad de estos alumnos en la utilización de recursos informáticos. El hecho de que el ordenador sea el hábitat de trabajo para el estudiante del Grado en Ingeniería Informática, pues lo utiliza en el estudio de la mayoría de las asignaturas de esta carrera y posteriormente en su actividad socio-profesional, hace que este grupo sea de gran interés en el estudio de la influencia del uso de las nuevas tecnologías en la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas por razones ecológicas.

Los resultados obtenidos en este trabajo nos llevan a incluir en la nueva edición del manual, más ejemplos y comentarios que permitan disminuir las dificultades de los estudiantes en el estudio de esta demostración. Por ejemplo, se había producido un fenómeno didáctico a la hora de calcular el inverso de un elemento en Z_n , de forma que se seleccionaba dicho inverso por la posición que ocupaba en la Identidad de Bezout (proporcionada por el programa informático). Para clarificar esta cuestión, se han incluido más ejemplos donde el inverso aparece, tanto en la primera como en la segunda posición de la Identidad de Bezout, y observaciones en el texto que incidan en que la elección del inverso es independientemente de la posición que ocupe.

b) En Ordóñez et al. (2014) se realiza una investigación didáctica para determinar el uso que hacen los estudiantes de las hipótesis del siguiente teorema cuya demostración fue objeto del estudio anterior.

Teorema

Si \bar{a} es un elemento no nulo de Z_n , entonces:
 \bar{a} admite inverso en Z_n si y sólo si $\text{mcd}\{a, n\}=1$

La hipótesis 1 (\bar{a} es un elemento no nulo) se la puede considerar como una hipótesis invisible pues sólo la considera el 2% de la muestra. Esto puede venir potenciado por la posición de esta hipótesis: se sitúa al inicio del enunciado y no en la parte central del teorema, donde se encuentra el bicondicional.

m.c.d. {25000000, 25000000} = 25000000
 m.c.m. {25000000, 25000000} = 43
 Identidad de Bézout: 25000000 = 25000000 · (0) + 25000000 · (1).

Al ser distinto el m.c.d. de 1 el número correspondiente a mi DNI (25000000) no tiene inverso, también decir que en $Z_{25000000}$ el número 25000000 es igual a 0

Figura 6. Respuesta de estudiante

El alumno se ve enfrentado a un dilema ante el que debe argumentar. Un 22% abandona el ejercicio sin discernir. La autoidad del ordenador sobre sus propias consideraciones (Figura 6) es un fenómeno didáctico que también se pone de manifiesto.

Así, en la nueva edición, se incluirán aclaraciones y ejercicios que pongan de manifiesto la importancia de ambas hipótesis y, cómo el criterio del estudiante, debe interpretar e imperar sobre lo que realiza el ordenador.

c) En Ordoñez et al. (2015), se seleccionaron tres universidades españolas por ocupar los mejores puestos en el Ranking Académico (de Shanghái) de las Universidades del Mundo de Ciencias de la Computación (2014). Estas son la Universidad de Granada, la de Jaén y la Politécnica de Madrid. En segundo lugar, se buscó a través de sus páginas web las guías académicas de los grados de Ingeniería Informática, publicadas en el curso 2014-15, para localizar las asignaturas que pudieran contener los temas analizados. Se consultaron y compararon las bibliografías de cada materia y se seleccionaron siete manuales (los más recomendados o que estuvieran editados por otras universidades españolas).

Entre ellos se seleccionó el libro de texto objeto de este proyecto, por ser el único encontrado con programas para el trabajo del estudiante con ordenador. En esta investigación se realizó un análisis de textos acerca del concepto de máximo común divisor, algoritmos de cálculo y sus aplicaciones a la Informática. Se constata una evolución en el tratamiento de los temas de divisibilidad para informáticos, desde desarrollos más formales hacia otros más numéricos, que se pueden implementar utilizando lenguajes de programación.

d) Cuando la enseñanza está mediada por un entorno computacional, se observa una tendencia hacia un predominio de lo particular (Ordoñez et al., 2017), más aplicaciones a la Informática y mayor presencia del lenguaje de programación.

En esta línea se realizarán modificaciones en el texto, incorporando un mayor número de aplicaciones a la Informática y ejemplos. Así mismo, será necesario utilizar el lenguaje natural-vernáculo con objeto de explicar el lenguaje simbólico.

Conclusiones

La Didáctica de las Matemáticas, a través del análisis, ha permitido emitir juicios de adaptación, pertinencia o eficacia que orienten en el diseño e implementación de los procesos de instrucción, con el objetivo de mejorar y optimizar el aprendizaje, a través de este manual de Matemática Discreta, que utiliza recursos computacionales y está dirigido a estudiantes del Grado en Ingeniería Informática.

El análisis de la “demostración” (objeto de estudio en las investigaciones didácticas expuestas), en cuanto a la resolución de problemas prácticos, ha permitido reconstruir las prácticas correspondientes en la asignatura de Matemática Discreta.

Este grupo resulta adecuado para el estudio de la influencia del uso de las nuevas tecnologías en el aprendizaje del esquema de demostración debido a la poca frecuencia de conflictos

La hipótesis 2 ($\text{mcd}\{a, n\} = 1$) fue también poco considerada, tan sólo el 23% de la muestra. Además, cuando el ordenador realiza los cálculos:

semióticos relativos al entorno, etc., lo que se debe a que están acostumbrados al entorno computacional.

Las reflexiones teóricas en cuanto a la Didáctica de la Matemática, y en particular, del Álgebra, han puesto de manifiesto un proceso de cambio, respecto al soporte de manuales para docencia, en el Grado en Ingeniería Informática, mostrando una clara tendencia en las preferencias de estos estudiantes hacia soportes digitales y recursos audiovisuales, en lugar del formato tradicional.

De cara al futuro, se aspira seguir en la línea del análisis de manuales, caracterizando el significado institucional sobre el concepto de máximo común divisor, como ejemplo relevante en Teoría de Números en el Grado de Ingeniería Informática.

Referencias

- Artigue, M. (2015). Tecnologías de la información y de la Comunicación y Aprendizaje basado en la Investigación: ¿Qué sinergias?. En Consejería de Educación de la Junta de Castilla y León. (Ed.), *Las nuevas metodologías en la enseñanza y el aprendizaje de las Matemáticas* (pp.17-27). Academia de Artillería de Segovia.
- Balacheff, N. (1994). Didactique et intelligence artificielle. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14(172), 9-42.
- Codes, M. (2015). *Análisis de la comprensión de los conceptos de serie numérica y su convergencia en estudiantes de primer curso de universidad utilizando un entorno computacional*. (Tesis doctoral). Universidad de Salamanca, Salamanca, España. Recuperado el 23 de febrero de 2018 de https://gredos.usal.es/jspui/bitstream/10366/76452/1/DDMCE_CodesValcarceM_ComprensionConceptosEntornoComputacional.pdf
- Distéfano, M. L., Pochulu, M. D. y Font, V. (2015). Análisis de la complejidad cognitiva en la lectura y escritura de expresiones simbólicas matemáticas. *Journal of Research in Mathematics Education*, 4(3), 202-233.
- Dubinsky, E. & Yiparaki, O. (2000). On student understanding of AE and EA quantification. In E. Dubinsky, A. H. Schoenfeld, y J Kapput (Eds), *Research in collegiate mathematics education IV* (pp.239-286). Providence, RI: American Mathematical Society.
- Font, V., Planas, N. & Godino, J. D. (2010). Modelo para el análisis didáctico en educación matemática. *Infancia y Aprendizaje*, 33(2), 89-105.
- García-Muñoz, M.A., Ordoñez, C. y Ruiz, J.F. (2006). *Métodos Computacionales en Álgebra para Informáticos. Matemática Discreta y Lógica*. Jaén: Universidad de Jaén.
- Godino, J. D. (2002). Un enfoque ontológico y semiótico de la cognición matemática. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 22(2/3), 237-284.
- Godino, J. D. (2017). Construyendo un sistema modular e inclusivo de herramientas teóricas para la educación matemática. En J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M.M. Gea, B. Giacomone y M. M. López-Martín (Eds.), *Actas del Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico*

- del Conocimiento y la Instrucción Matemáticos. Recuperado el 23 de febrero de 2018 de <http://enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos/godino.pdf>
- Godino, J. D. y Batanero, C. (1994). Significado institucional y personal de los objetos matemáticos. *Recherches en Didactique des Mathématiques*, 14 (3), 325–355.
- Godino, J. D., Batanero, C. & Font, V. (2007). The onto-semiotic approach to research in mathematics education. *ZDM. The International Journal on Mathematics Education*, 39(1-2), 127-135.
- Godino, J. D., Batanero, C. y Font, V. (2008). Un enfoque ontosemiótico del conocimiento y la instrucción matemática. *Acta Scientiae. Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 10, 7-37.
- Harel, G. & Sowder, L. (2007). Toward Comprehensive Perspectives on the Learning and Teaching of Proof. En F. J. Lester (Ed.), *Second Handbook of Research on Mathematics Teaching and Learning: a Project of National Council of Teachers of Mathematics*, 2, (pp.805-842). Charlotte, NC: NCTM.
- Kilicman, A., Hassan, M. A., & Husain, S. S. (2010). Teaching and learning using mathematics software "The New Challenge". *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 8, 613-619.
- Lacué, E. (2011). Enseñanza y aprendizaje de los sistemas matemáticos de símbolos. *Didac*, 55-56, 29-35.
- Maat, S. M., & Zakaria, E. (2011). Exploring Students' Understanding of Ordinary Differential Equations Using Computer Algebraic System (CAS). *Turkish Online Journal of Educational Technology-TOJET*, 10(3), 123-128.
- Ordóñez, C., Ordóñez, L. y Contreras, A. (2013). Significados personales acerca de una demostración en Teoría de Números con Mathematica. *Investigación en Educación Matemática XVII*, (pp. 411-420). Bilbao: SEIEM.
- Ordóñez, C., Ordóñez, L. y Contreras, A. (2014). Las hipótesis en Álgebra, cuestiones didácticas a considerar en un entorno con Mathematica. M. T. González, M. Codes, D. Arnau y T. Ortega (Eds.). (2014). *Investigación en Educación Matemática XVIII*. (pp. 493-502). Salamanca: SEIEM.
- Ordóñez, C., Ordóñez, L. y Contreras, A. (2015). La divisibilidad en manuales para estudiantes en Ingeniería Informática. C. Fernández, M. Molina y N Planas (eds.), 2015. *Investigación en Educación Matemática XIX*. (pp. 431-440). Alicante: SEIEM
- Ordóñez, C., Ordóñez, L., Contreras, A. y Ruíz, J.F. (2017). La dualidad particular-general en el estudio de la propiedad conmutativa en ingeniería informática. En J. M. Contreras, P. Arteaga, G. R. Cañadas, M. M. Gea, B. Giacomone y M. M. López-Martín (Eds.). *Actas del Segundo Congreso Internacional Virtual sobre el Enfoque Ontosemiótico*. Disponible en: enfoqueontosemiotico.ugr.es/civeos.html
- PI2D-UJA 2016. *Plan de innovación e incentivo de las buenas prácticas docentes en la Universidad de Jaén 2016-2019*. Recuperado el 5 de marzo de 2018 de https://www.uja.es/gobierno/vicestudios/sites/gobierno_vicestudios/files/uploads/Presentacion%20PI2D%20PDI.pdf



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

MAGISTER

www.unioviado.es/reunido



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Estudio exploratorio sobre lenguajes simbólicos de programación en tareas de resolución de problemas con Bee-bot

Gema Pérez Buj y *Pascual D. Diago Nebot

Departament de Didàctica de la Matemàtica. Universitat de València

PALABRAS CLAVE

Resolución de problemas
Pensamiento computacional
Robótica educativa
Programación

KEYWORDS

Problem-solving
Computational thinking
Educational robotics
Coding

RESUMEN

En los últimos años movimientos relacionados con la robótica educativa, el movimiento maker o el movimiento *STEM* han potenciado la integración en las aulas de contenidos de matemáticas con otros propios de las ciencias de la computación. El uso de entornos tecnológicos en educación, así como el resurgimiento de la programación en la escuela son tendencia consolidada en el panorama educativo. En este estudio pretendemos explorar la capacidad de estudiantes de infantil y primaria para elaborar esbozos de programas a partir de su lenguaje propio así como explorar la conveniencia del uso de un lenguaje de programación simbólico para resolver un problema. Así, desde la perspectiva de la resolución de problemas de matemáticas, observaremos actuaciones en las que el estudiante debe idear, generar, desplegar y gestionar estrategias que le permitan abordar el problema (con o sin éxito) con la restricción de que la solución obtenida debe poder implementarse en un entorno tecnológico.

Exploratory study on symbolic programming languages in problem-solving activities with Bee-bot

ABSTRACT

In recent years, movements related to educational robotics, the maker movement or the *STEM* movement have strengthened the integration of mathematics contents with other ones of computer science. The use of technological environments in education, as well as the resurgence of school programming are a consolidated trend in the educational panorama. In this study we intend to explore the ability of kindergarten and primary school students to prepare program sketches from their own language as well as explore the convenience of using a symbolic programming language to solve a problem. Thus, from the perspective of solving mathematical problems, we will observe actions in which the student must devise, generate, deploy and manage strategies that allow him to approach the problem (with or without success) with the restriction that the solution obtained must be implemented in a technological environment.

Universitat de València

Autor de correspondència: * Pascual D. Diago Nebot. E-Mail: Pascual.Diago@uv.es. Departament de Didàctica de la Matemàtica. Facultat de Magisteri - Campus de Tarongers. Avda. Tarongers, 4, 46022 València (Espanya). +34 963 983 293

Recibido el 01/06/2018 - Aceptado el 03/08/2018

Revista de Formació del Professorat e Investigació Educativa
Facultat de Formació del Professorat y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

Introducción

El fuerte desarrollo de la tecnología, y de los ordenadores en particular, permitió en las décadas de los 60 y 70 del pasado siglo un acercamiento de la programación a las escuelas. Desde que LOGO o BASIC empezaran a utilizarse en el aula (Clements y Sarama, 1997; Noss, 1985; Papert, 1981) hasta la actualidad, con la fuerte presencia de lenguajes de programación por bloques (con Scratch¹ como máximo representante), las investigaciones acerca de las ventajas e implicaciones cognitivas de la programación en edades escolares no han hecho más que crecer. En lo que concierne a la educación matemática, desde hace tiempo se incide en que las tareas propias de las ciencias de la computación favorecen los procesos de razonamiento matemático y las habilidades en resolución de problemas (Clements y Sarama, 2002; Hatfield y Kieren, 1972; Hoyles y Lagrange, 2010; Kaput, 1992; Papert, 1972; Shute, Sun, Asbell-Clarke, 2017). De forma paralela, los enfoques y paradigmas con los que estudiar la interacción de la tecnología con los procesos de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas escolares se han ido diversificando (Drijvers y cols., 2010; Kaput, 1992).

La aparición de movimientos relacionados con la *robótica educativa* (Barker y Ansorge, 2007), como el movimiento *maker*, el *internet de las cosas* (*Internet of Things*, abreviado *IoT* en inglés) o el movimiento *STEM* (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*, de sus siglas en inglés) han potenciado en los últimos años la integración de contenidos de matemáticas y ciencias con aspectos propios de la tecnología, la ingeniería y la computación en las aulas (Grover y Pea, 2013).

Entornos tecnológicos en educación matemática y programación en bloques

El desarrollo tecnológico y su facilidad de integración a todos los niveles han derivado en un auge del uso de la tecnología en el aula en muchos de los contextos diarios. No es diferente el caso de la educación matemática, que se ha visto rodeada por un nuevo ecosistema basado en diferentes entornos tecnológicos adaptados a niveles escolares (Aldon, Hitt, Bazzini y Gellert, 2017; Clark-Wilson, Robutti, y Sinclair, 2014; Hoyles y Lagrange, 2010). En especial, los entornos tecnológicos basados en *programación en bloques* (ya sean robots, software o simuladores) son tendencia consolidada en el panorama educativo (Benton et al., 2017; Fessakis, Gouli y Mavroudi, 2013; Kazakoff, Sullivan y Bers, 2013; Leidl, Bers y Mihm, 2017; Sáez y Cózar, 2017; Sáez-López, Román-González, y Vázquez-Cano, 2016; Sullivan y Bers, 2016). Estos entornos, exportados de las ciencias de la computación, necesitan de un programa (secuencia de instrucciones a ejecutar) y de un lenguaje de programación (sintaxis o vocabulario propio que el entorno tecnológico es capaz de entender) para poder interactuar con el usuario. Las particularidades de la programación en bloques son i) que las instrucciones para elaborar un programa se organizan en bloques de órdenes pre-programadas que pueden secuenciarse una detrás de otra directamente; y ii) que la interacción con el usuario se realiza mediante lenguaje natural. Así, pese a que los entornos de programación basados en bloques son percibidos por los estudiantes como menos potentes y auténticos (Weintrop y Wilensky, 2015), el uso de bloques aporta entornos listos para ser explorados por los estudiantes con la transparencia y la facilidad de uso de poder realizar manipulaciones directamente sobre la interfaz del entorno tecnológico.

Resolución de problemas y pensamiento computacional

Nuestro marco instrumental se fundamenta en el uso de los entornos tecnológicos de programación en bloques para el

aprendizaje de la resolución de problemas de matemáticas a través del llamado *pensamiento computacional* (Wing, 2006). Este término lo entendemos como proceso de resolución de problemas en el que el estudiante debe idear, generar, desplegar y gestionar estrategias que le permitan abordar la tarea (con o sin éxito) con la restricción de que la solución obtenida debe poder implementarse en dicho entorno tecnológico. Este enfoque no se centra en el fomento de la competencia digital ni en los aspectos instrumentales de la herramienta tecnológica, sino que pretendemos que el estudiante tome consciencia de los procesos que la herramienta tecnológica es capaz de llevar a cabo. Esto nos sitúa en una perspectiva de la enseñanza de la resolución de problemas independiente del contenido, calificada como *heurística matemática* (en el sentido de Polya, 1945) o como *pura resolución de problemas* (en el sentido de Puig, 1996). Esta perspectiva pone de manifiesto el interés por enseñar a resolver problemas y define la propia tarea como un escenario privilegiado para el aprendizaje (Puig y Cerdán, 1988). Así, se enfrentará al estudiante a situaciones en entornos no familiares, que deberá ser capaz de gestionar para elaborar un plan que le permita hacer frente al problema planteado.

Como se ha puesto de manifiesto en Diago, Arnau y González-Calero (2018) o Puig (2018), las tareas en las que los estudiantes deben programar robots mediante secuencias de bloques se convierten típicamente en situaciones problemáticas ya que son capaces de entenderlas, pero no disponen de un medio directo para su realización. La naturaleza matemática del problema la podemos identificar en las ideas puestas en juego a la hora de organizar los fenómenos presentes que podría formalizarse en un nivel matemático superior. Así, por ejemplo, a la hora de pensar en el programa que un robot debe ejecutar, la elaboración de la secuencia de acciones a realizar y la representación de las mismas con los medios del estudiante (esquema, lenguaje verbal, sistema de signos, etc.) podría formalizarse matemáticamente como la elaboración de un programa en pseudo-código (creado por el propio alumno). De igual forma, a la hora de introducir dicho programa en el robot, será pertinente que el estudiante hable el mismo lenguaje (lenguaje de programación) que el robot, por lo que deberá aprender o interpretar dicho lenguaje para poder comunicarse de forma eficiente con el entorno tecnológico y que éste realice aquello que el estudiante está pensando. Desde este punto de vista, no son nuevos los estudios que plantean cómo los estudiantes aprenden nuevos lenguajes de programación y su relación con diferentes aspectos de las matemáticas (Chen y cols., 2017; Fessakis, Gouli y Mavroudi, 2013; Milojkovic, 1984; Noss, 1985; Shute, Sun, y Asbell-Clarke, 2017; por citar algunos ejemplos).

Objetivo

Para los estudiantes de infantil y primaria nos planteamos los siguientes objetivos de investigación:

- 1) Explorar la capacidad para esbozar y elaborar programas mediante su propio lenguaje (gestual, verbal o de signos).
- 2) Explorar las limitaciones y ventajas de un lenguaje simbólico de programación por bloques (las tarjetas de comandos) en concreto, determinar si problemas que no han podido ser resueltos sin hacer uso del lenguaje simbólico de las tarjetas pueden resolverse haciendo uso de ellas.

Material

El robot Bee-bot

Bee-bot es un robot adaptado a primeras edades escolares en cuanto a su sencillez y uso. Es clasificado como un interfaz tangible para el usuario (*Tangible User Interfaces - TUI* en inglés) en la taxonomía de Strawhacker y Bers (2015) debido a que la inte-

¹ <https://scratch.mit.edu/>

racción con el robot se realiza únicamente mediante los botones físicos situados en su parte superior. Como se puede ver en la Figura 1, todos los bloques de programación disponibles tienen que ver con el movimiento del robot, atendiendo a su propio sis-

tema de referencia. Es importante hacer notar que los bloques de giro (a derecha o izquierda) corresponden a giros de 90° sobre sí mismo (en sentido horario o anti-horario), sin que el robot se traslade.



Figura 1. El robot Bee-bot y sus botones de programación

Dado que el movimiento del robot está estipulado en 15cm, las tareas escolares en las que se hace uso de Bee-bot suelen realizarse sobre tableros o escenarios con una cuadrícula de 15cm de lado sobre los que se desplazará el robot (ver Figura 2). Todos los

problemas abordados en este estudio consistirán en llevar a Bee-bot desde una posición inicial a otra final (identificada con una flor) siguiendo un camino dado marcado en color rojo.

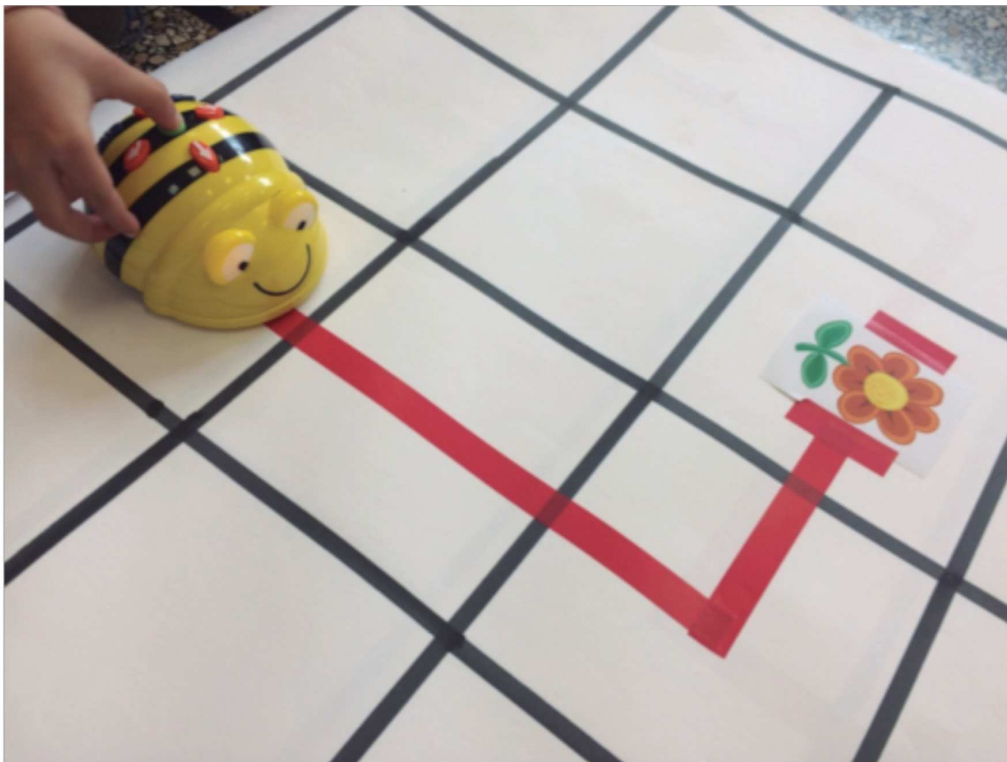


Figura 2. Vista principal de un problema presentado a los estudiantes de este estudio

Las tarjetas y la caja de secuenciación

Con el fin de determinar las limitaciones y ventajas de un lenguaje de programación simbólico de bloques que permita programar al robot Bee-bot, en el sentido propio de las ciencias de la computación, se hará uso de un sistema de tarjetas en el cual se

representa cada uno de los bloques (o instrucciones) que puede ejecutar el robot (Figura 3). A los estudiantes se les facilitará un espacio físico, al que denominamos *caja de secuenciación*, en el que disponer las tarjetas en el orden en que se introducirán posteriormente dichos comandos en el robot (Figura 4).



Figura 3. Tarjetas de programación correspondientes a los movimientos de Bee-bot



Figura 4. Ejemplo de uso del lenguaje simbólico de las tarjetas de instrucciones y de la caja de secuenciación en una tarea con el robot Bee-bot

Tanto la caja como las tarjetas actuarán a modo de destreza heurística (Diago, Arnau y González-Calero, 2018; Puig, 1996), en el sentido en que será un medio de representación de la trayectoria que el robot ha de seguir, sin que ello suponga un éxito en la resolución del problema.

Las variables de tarea y el diseño de los problemas

Dado que se trata de un estudio sobre resolución de problemas que involucran a estudiantes resolviendo tareas en un deter-

minado contexto, será necesario definir las siguientes variables relacionadas con la tarea (Kilpatrick, 1978):

- Número de tarjetas (bloques) para completar la trayectoria
- Número de giros a realizar para completar la trayectoria
- Las veces que el sistema de referencia del robot se desliga del sistema de referencia del estudiante a lo largo de la trayectoria

Teniendo en cuenta estas variables de tarea se diseñan diez problemas, mostrados en la Tabla 1, graduados en complejidad.

Tabla 1. Problemas elaborados en base a las variables de tarea descritas en el estudio

T01	T02	T03	T04	T05
T06	T07	T08	T09	T10

En el diseño de los problemas se deciden fijar algunas variables. En concreto, aquella que da cuenta de la posición de los estudiantes para resolver la tarea. Así, no se permitirá que los resolutores se muevan a lo largo del tablero, teniendo que permanecer en la zona que se corresponde con la parte inferior de los tableros mostrados en la Tabla 1. Como se pretende estudiar la capacidad para elaborar y pensar un plan de resolución a modo de secuencia de instrucciones, tras la realización de cada intento de resolución (con o sin tarjetas), el robot *Bee-bot* se vuelve a colocar en la posición inicial. Para poder estudiar el uso, manejo y conveniencia del lenguaje de programación de las tarjetas de comandos, después de ejecutar un plan fallido, se dejarán en la caja de secuenciación las tarjetas secuenciadas para que el estudiante decida si empezar una nueva secuencia o modificar la secuencia previa. Además, tampoco se permitirá realizar resoluciones parciales del problema (con o sin tarjetas), pese a que se dejará a los estudiantes hacer uso de esta herramienta heurística (Diago, Arnaú y González-Calero, 2018; Puig, 1996) si aparece de forma natural en su discurso argumentativo.

Método

Participantes

El estudio que aquí se describe se llevó a cabo con siete parejas de estudiantes de un centro concertado del sistema educativo de la Comunitat Valenciana. Las características y codificación para cada una de las parejas se describen en la Tabla 2.

Tabla 2. Codificación y descripción de los estudiantes de cada pareja participante en el estudio

Pareja	ID de estudiante	Edad (años; meses)
5P1	5P1.a	5;8
	5P1.b	5;7
5P2	5P2.a	5;7
	5P2.b	5;6
6P1	6P1.a	6;6
	6P1.b	6;8
6P2	6P2.a	6;10
	6P2.b	7;1
6P3	6P3.a	6;9
	6P3.b	6;11
10P1	10P1.a	10;2
	10P1.b	10;1
10P2	10P2.a	10;1
	10P2.b	10;1

La elección de los estudiantes no respondió a ningún criterio concreto puesto que se trata de un estudio exploratorio sobre el uso y conveniencia de los lenguajes de programación en edades escolares. En consecuencia, se aceptó como válida la selección de alumnos realizada por las tutoras de cada clase. Todos los estudiantes confirmaron que no tenían ninguna experiencia previa con el robot *Bee-bot*.

Procedimiento

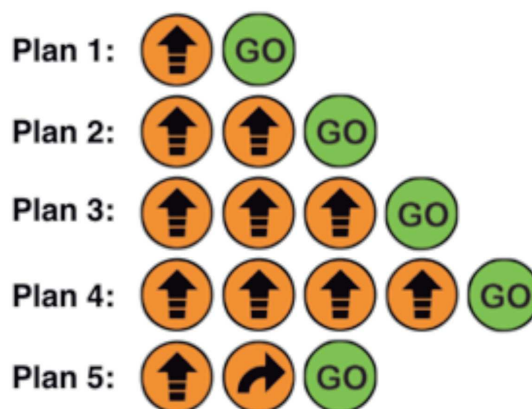
Los datos se obtuvieron al enfrentar las parejas de estudiantes arriba mencionadas a la resolución de la colección de problemas descritos. Las parejas de estudiantes resolvían la tarea de forma simultánea, y se les pedía que colaboraran para planificar, organizar e idear un plan que resolviera el problema planteado. Ambos alumnos participaban del proceso de resolución y podían intervenir en cualquier momento, pues no se establecían

turnos de intervención. Las sesiones se grabaron en vídeo y se transcribieron posteriormente a un protocolo escrito. Dado que se pretende observar la resolución de problemas, se intentó que el grado de intervención de los investigadores fuera muy bajo (Schoenfeld, 1985). Sin embargo, no pudo ser inexistente, pues se tuvo que intervenir en las situaciones típicas asociadas al manejo de *Bee-bot* (por ejemplo, recordar la necesidad de borrar el plan previo en el robot) o para remediar la ausencia de comunicación o los diálogos inaudibles propios de los estudiantes de las etapas educativas involucradas.

Para la consecución de los objetivos de investigación se diseñaron tres experimentos, con dos fases previas de enseñanza. La Tabla 3 muestra un cuadro resumen del conjunto de la planificación. A continuación, aportamos una breve justificación del diseño experimental:

Fase 1 (enseñanza). La primera de las fases, de enseñanza, se utilizó para familiarizar a los estudiantes con el entorno tecnológico *Bee-bot* y con los modelos de problemas, presentados en tableros. Para ello, el investigador ejecutó las secuencias de instrucciones (llamadas *planes* en lo que sigue) mostradas en la Figura 5 (directamente secuenciadas en el robot *Bee-bot*, sin hacer uso de tarjetas de comandos) y se observó y comentó el movimiento del robot.

Figura 5. Planes utilizados en la fase de enseñanza con las parejas de estudiantes



Fase 2 (experimento 1). El primero de los experimentos tiene como fin saber qué problemas pueden resolver los estudiantes y cuales no, haciendo un uso directo del robot *Bee-bot*. Con esto se pretende obtener una idea de la relación entre la complejidad del problema y la dificultad experimentada por los resolutores. En esta fase no hay interacción con las tarjetas de comandos. Con algunos de los problemas que consiguen resolver se pasa a la Fase 3 (experimento 2, no con todos por falta de tiempo, ya que los estudiantes se muestran cansados tras un periodo superior a 30 minutos).

Fase 3 (experimento 2). El segundo de los experimentos se lleva a cabo con algunos de los problemas que los estudiantes consiguen resolver. El fin es explorar la capacidad de los estudiantes para elaborar representaciones, a modo de esbozos de programa, que conecten el mundo real que perciben con el aspecto computacional y la resolución de problemas por medio del análisis de su lenguaje verbal, gestual o de los signos creados por ellos mismos en papel y lápiz. Para ello, se les presenta alguno de los problemas que hayan podido resolver y se les da la consigna *¿Cómo explicarías a tu compañero las instrucciones que has de darle a Bee-bot para que llegue a la flor?*. Se les facilitan hojas y lápices para que esbocen o representen sus ideas, y se les indica que pueden hacer uso del lenguaje escrito, de esquemas, dibujos o cualquier tipo de representación que se les ocurra.

Fase 4 (enseñanza). Esta fase corresponde a la enseñanza de las tarjetas de comandos y de la caja de secuenciación. Se presentan ambos materiales y se profundiza en el uso y la comprensión de las tarjetas de comandos, que simbolizan el movimiento del robot por el tablero. Para ello se configuran algunos de los planes de la Fase 1 en la caja de secuenciación con las tarjetas correspondientes, se ejecutan en *Bee-bot* y se comenta lo sucedido.

Fase 5 (experimento 3). En este último experimento se les presentan algunos de los problemas que no han conseguido resolver en la Fase 2 (experimento 1) y se les pide que intenten resolverlo nuevamente haciendo uso de las tarjetas de comandos. Por cuestiones de tiempo, se eligen solamente algunos de ellos. Igualmente, en algún caso puntual se elige un problema que sí que había sido resuelto en las fases anteriores, pero que había presentado dificultades.

Tabla 3. Resumen del desarrollo de las fases llevadas a cabo para este estudio exploratorio

Fase	Propósito	Objetivo	Desarrollo
1-Enseñanza	Familiarizar con <i>Bee-bot</i>	-	Se presenta el robot <i>Bee-bot</i> , sin hacer referencia a las tarjetas de comandos. Se explican los bloques situados en el propio robot y se les permite interactuar con él.
2-Experimental	Identificación complejidad-dificultad	-	Se presentan los problemas T01 a T10, graduados en complejidad. No se hace uso de las tarjetas ni de la caja de secuenciación. Si no saben resolver algún problema se pasa al siguiente.
3-Experimental	Creación de "programas"	O1	Se presenta alguno de los problemas que hayan podido resolver . Se les facilitan hojas y lápices para que esbocen o representen sus ideas.
4-Enseñanza	Familiarizar con tarjetas y caja secuenciación	-	Se presentan tanto las tarjetas de comandos como la caja de secuenciación haciendo uso de los planes de la Fase 1.
5-Experimental	Uso del lenguaje de programación de las tarjetas	O2	Se les presentan problemas que no han conseguido resolver y se procede igual que en la fase anterior para ver la influencia del sistema de tarjetas en la resolución del problema.

Es importante hacer notar que durante todas las fases de experimentación, para cada problema, se insta a los estudiantes a que discutan el plan que debe seguir el robot *Bee-bot* para completar el camino mostrado previamente a manipular el robot. En la Fase 5 (experimento 3) se exige que los estudiantes organicen un plan previo usando las tarjetas de comandos correspondientes en la caja de secuenciación para, posteriormente, introducir dichas órdenes en el robot y comprobar si el plan pensado resuelve o no el problema presente en el tablero.

Resultados

Resultados del experimento 1 (Fase 2)

La Tabla 4 muestra un resumen de los resultados del primero de los experimentos, en el que los estudiantes resolvían los problemas de llevar a *Bee-bot* por una trayectoria dada sin hacer uso de las tarjetas de comandos, programando directamente las instrucciones en el robot. En la tabla resumen se indica con un número la cantidad de intentos necesarios para resolver el problema, X indica que el problema no pudo ser resuelto después de los intentos mostrados entre paréntesis, el signo - indica que el problema no fue abordado en esta fase y * indica que el problema se utilizó para la Fase 5 (experimento 3).

Tabla 4. Número de intentos necesarios para resolver cada uno de los problemas durante la Fase 2 (experimento 1)

ID	Problema									
	T01	T02	T03	T04	T05	T06	T07	T08	T09	T10
5P1	1	2	3	2	1	X(4)*	-	*	-	-
5P2	2	1	3	2	4	X(4)*	-	-	-	-
6P1	1	1	9*	4	2*	*	-	-	-	-
6P2	1	1	2	2	2	3	2	X(3)*	-	*
6P3	1	1	4	1	4	X(4)*	1	3	-	*
10P1	1	1	1	1	-	2	1	1	1*	X(2)*
10P2	1	1	1	2	1	1	1	1*	-*	-*

Resultados del experimento 2 (Fase 3)

En el Anexo 1 se muestran las Tablas 5, 6, 7 y 8 que recogen las evidencias elaboradas por los estudiantes indicados durante el experimento 2 (Fase 3). En esta fase se pidió a los estudiantes que elaboraran con sus propios medios un conjunto de instrucciones que reflejaran el comportamiento del robot *Bee-bot* con el fin de que se consiguiera, con ellas, resolver el problema.

Resultados del experimento 3 (Fase 5)

En el Anexo 2 se recogen las Tablas 9 a 14, en las que se reflejan los planes elaborados por los estudiantes para la resolución de los problemas marcados con * en la Tabla 4. En esta ocasión los estudiantes hicieron uso tanto del sistema de tarjetas, a modo de lenguaje simbólico de programación, como de la caja de secuenciación para secuenciar los bloques necesarios a ejecutar por

el robot *Bee-bot* para resolver el problema. En las Tablas indicadas se utiliza la notación siguiente para hacer referencia a los bloques de programación de las tarjetas: ↑ (adelante), ↓ (atrás), > (giro de 90° a la derecha), < (giro de 90° a la izquierda) y GO (ejecutar órdenes en el robot *Bee-bot*).

Discusión

En referencia al experimento 1, se observa que el número de intentos (Tabla 4) aumenta significativamente en aquellos problemas que involucran giros, de forma especial en los estudiantes de 5 y 6 años. Los estudiantes de 10 años no parecen experimentar dificultad en relación a los giros. Así mismo, se observa como los estudiantes de 10 años pueden resolver, en el mismo tiempo, más problemas de este tipo, pues la dificultad experimentada se advierte menor.

Con respecto al experimento 2, los esbozos de programas ideados por estudiantes de 5 años contienen una carga mayor de significado “espacial” de la situación problemática (como observamos en las producciones 5P1a y 5P1b de las Tablas 5 y 6, respectivamente). Los estudiantes de 6 años, en menor proporción, también dan muestras de instrucciones ligadas a la representación espacial de la situación (6P2a de la Tabla 7). A pesar de ello, alumnos de estas mismas edades son capaces de realizar un paso de abstracción más, mostrando flechas en el sentido de los botones de movimiento manipulados y utilizados al mover al robot. En el caso de 6P1 (Tabla 5) el programa se realiza con lenguaje verbal. Es destacable el hecho que en edades tempranas, 5 y 6 años, ya aparezcan de forma natural signos referentes a las repeticiones de instrucciones a modo de “acción reiterada” (5P1b y 5P2a, Tabla 5), al orden en las secuencias de comandos (5P2b y 6P1b, Tabla 7) o instrucciones relativas al fin de programa (6P3a, Tabla 6). Esto, podría ser debido al aspecto físico del robot y a un pensamiento de tipo “iterativo” (como se deriva de la producción 6P1a de la Tabla 5). En las elaboraciones de los estudiantes de 10 años se observa una mayor capacidad para elaborar programas más largos, con más instrucciones, y una mejor representación de la estructura secuencial propia de lenguajes de programación más formales (10P1a y 10P1b, Tabla 8). Con todo, siguiendo la línea de estudios como los de Kazakoff, Sullivan y Bers (2013) o Sáez-López, Román-González y Vázquez-Cano (2016), concluimos que las tareas de resolución de problemas basadas en el uso del pensamiento computacional ayudan en el aprendizaje y desarrollo de conceptos básicos ligados a la programación visual, la secuenciación, la generalización y la abstracción.

Por último, pasamos a discutir los resultados del experimento 3, en el que se evalúa la conveniencia o no de un lenguaje de programación simbólico de tarjetas. Si comparamos dos a dos los problemas abordados en los experimentos 2 (sin tarjetas) y 3 (con tarjetas) podemos observar como el uso del lenguaje de programación de las tarjetas permite a los estudiantes resolver problemas que sin ellas no habían podido resolver; así es el caso de los problemas 5P1-T06, 6P2-T08, 6P3-T06 y 10P1-T10 (Tablas 9, 11, 12 y 13, respectivamente). En los estudiantes de 5 y 6 años el uso del lenguaje de programación de las tarjetas parece mejorar cualitativamente sus procesos de razonamiento relacionados con las matemáticas y la lógica (como apuntan Fessakis, Gouli y Mavroudi, 2013; Sáez-López, Román-González y Vázquez-Cano, 2016), pues les permite plantear una secuencia de instrucciones, comprobarla con el robot y modificar, en su caso, los pasos incorrectos.

Consideraciones finales

Somos conscientes de que este estudio tiene limitaciones importantes al tratarse de un estudio exploratorio, pero a su vez, el análisis cualitativo inicial de las actuaciones de los estudiantes nos ha permitido detectar puntos de interés en los que preten-

demos profundizar en un futuro. Con respecto al primero de los objetivos se concluye que ya los estudiantes de 5 años son capaces de pasar de una representación espacial del problema (dibujo o esquema) a un programa elaborado mediante lenguaje verbal, gestual o de signos que contiene el plan para obtener la solución a problemas consistentes en tareas de programación. Estudiantes de 5 y 6 años ya incluyen características propias de los lenguajes de programación en estas producciones idiosincrásicas (como son las iteraciones o la indicación del fin de programa). Existe una diferencia cualitativa, en referencia a la capacidad para elaborar programas más complejos, en estudiantes de 10 años. Con respecto a las ventajas e inconvenientes de usar un lenguaje de programación basado en tarjetas, podemos concluir que en estudiantes de 5 y 6 años el uso de este lenguaje simbólico es crucial a la hora de enriquecer el proceso de resolución del problema. En casi todas las parejas el uso de este lenguaje de programación simbólico permite obtener la solución de problemas que anteriormente (sin las tarjetas) no habían podido ser resueltos, traduciéndose en una ayuda real a la resolución de este tipo de tareas que les permite pensar de forma más estructurada, evaluar y modificar los planes pensados. En cambio, para estudiantes de 10 años este lenguaje puede llegar a derivar en superfluo, pues perciben de forma natural los botones de movimiento del robot *Bee-bot* como bloques de órdenes que pueden ser secuenciados. Aun así, es necesario un estudio sistemático más profundo que permita determinar de forma más precisa el alcance e implicación del uso de un lenguaje simbólico de programación basado en bloques en estas edades.

Las tareas de resolución de problemas de programación, basadas en entornos tecnológicos del tipo robot *Bee-bot*, permiten a los estudiantes desarrollar su competencia en resolución de problemas. Gracias al *feedback* inmediato que el robot ofrece con su movimiento el estudiante puede modificar la solución ejecutada y pensar un nuevo plan para comprobarlo en un nuevo intento mediante el movimiento del robot. Además, los lenguajes de programación visual por bloques permiten al estudiante pensar en los errores cometidos y modificar el plan inicial de acuerdo a la actuación mostrada por el robot. Así, este tipo de propuestas contribuyen a la adquisición propia de contenidos de matemáticas a la vez que intentan conectar aprendizajes basados en el enfoque STEM, fomentando el interés y la motivación del alumno por la tecnología y la ingeniería.

Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el soporte del proyecto EDU2017-84377-R (MINECO/FEDER).

Referencias

- Aldon, G., Hitt, F., Bazzini, L., y Gellert, U. (Eds.). (2017). *Mathematics and Technology*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Barker, B. S., y Ansorge, J. (2007). Robotics as Means to Increase Achievement Scores in an Informal Learning Environment. *Journal of Research on Technology in Education*, 39(3), 229–243. <http://doi.org/10.1080/15391523.2007.10782481>
- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I., y Noss, R. (2017). Bridging Primary Programming and Mathematics: Some Findings of Design Research in England. *Digital Experiences in Mathematics Education*, 23–29.
- Chen, G., Shen, J., Barth-Cohen, L., Jiang, S., Huang, X., y El-toukhy, M. (2017). Assessing elementary students' computational thinking in everyday reasoning and robotics programming. *Computers and Education*, 109, 162–175. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2017.03.001>
- Clark-Wilson, A., Robutti, O., y Sinclair, N. (Eds.). (2014). *The Mathematics Teacher in the Digital Era. An International Perspec-*

- tive on Technology Focused Professional Development. Dordrecht: Springer. <http://doi.org/10.1007/978-94-007-4638-1>
- Clements, D. H., y Sarama, J. (1997). Research on Logo: a decade of progress. *Computers in the Schools*, 14(1), 9–46. <http://doi.org/10.1300/J025v02n02>
- Clements, D. H., y Samara, J. (2002). The Role of Technology in Early Childhood Learning. *Teaching Children Mathematics*, 8(6), 340–343.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018). Elementos de resolución de problemas en primeras edades escolares con Bee-bot. *Edma 0-6: Educación Matemática En La Infancia*, 7(1), 12–41. <http://www.edma0-6.es/index.php/edma0-6/article/view/49>
- Drijvers, P., Kieran, C., Mariotti, M.-A., Ainley, J., Andresen, M., Cheung, Y., Dana-Picard, T., Gueudet, G., Kidron, I., Leung, A. y Meagher, M. (2010). Integrating Technology into Mathematics Education: Theoretical Perspectives. En C. Hoyles y J.-B. Lagrange (Eds.), *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain* (pp. 89–132). New York: Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-0146-0_7
- Fessakis, G., Gouli, E., y Mavroudi, E. (2013). Problem solving by 5-6 years old kindergarten children in a computer programming environment: A case study. *Computers and Education*, 63, 87–97. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2012.11.016>
- Grover, S., y Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43. <http://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- Hatfield, L. L., y Kieran, T. E. (1972). Computer-Assisted Problem Solving in School Mathematics. *Journal for Research in Mathematics Education*, 3(2), 99–112.
- Hoyles, C., y Lagrange, J.-B. (Eds.). (2010). *Mathematics Education and Technology-Rethinking the Terrain: The 17th ICMI Study*. New York: Springer.
- Kaput, J. J. (1992). Technology and Mathematics Education. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 511–556). Reston, VA: NCTM.
- Kazakoff, E. R., Sullivan, A., y Bers, M. U. (2013). The Effect of a Classroom-Based Intensive Robotics and Programming Workshop on Sequencing Ability in Early Childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4), 245–255. <http://doi.org/10.1007/s10643-012-0554-5>
- Kilpatrick, J. (1978). Variables and methodologies in research on problem solving. En L. L. Hatfield (Ed.), *Mathematical problem solving: papers from a research workshop*. ERIC.
- Leidl, K. D., Bers, M. U. y Mihm, C. (2017). Programming with ScratchJr: a review of the first year of user analytics. En S. C. Kong, J. Sheldon y K. Y. Li (Eds.), *Conference Proceedings of International Conference on Computational Thinking Education 2017* (pp. 116–121). Hong Kong: The Education University of Hong Kong.
- Milojkovic, J. D. (1984). *Children learning computer programming: cognitive and motivational consequences*. Stanford University.
- Noss, R. (1985). *Creating a mathematical environment through programming: a study of young children learning LOGO*. University of London.
- Papert, S. (1972). Teaching Children to Be Mathematicians versus Teaching About Mathematics. *International Journal of Mathematics Education and Science Technology*, 3, 249–262.
- Papert, S. (1981). *Mindstorms - Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Puig, L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. Granada: Comares.
- Puig, L. (Marzo de 2018). Tareas de programación en edades tempranas vistas como tareas de resolución de problemas. En P. D. Diago (presidente del SOC), *1er Workshop sobre Entornos Tecnológicos en Educación Matemática (ETEM)*. Facultat de Magisteri, Universitat de València, València.
- Puig, L. y Cerdán, F. (1988). *Problemas aritméticos escolares*. Madrid: Síntesis.
- Sáez, J. M., y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129–146.
- Sáez-López, J. M., Román-González, M., y Vázquez-Cano, E. (2016). Visual programming languages integrated across the curriculum in elementary school: A two year case study using “scratch” in five schools. *Computers and Education*, 97, 129–141. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.03.003>
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Academic Press: Orlando, FL.
- Shute, V. J., Sun, C., y Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. *Educational Research Review*, 22, 142–158. <http://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003>
- Strawhacker, A., y Bers, M. U. (2015). “I want my robot to look for food”: Comparing Kindergarten’s programming comprehension using tangible, graphic, and hybrid user interfaces. *International Journal of Technology and Design Education*, 25(3), 293–319. <http://doi.org/10.1007/s10798-014-9287-7>
- Sullivan, A. y Bers, M. U. (2016). Robotics in the early childhood classroom: learning outcomes from an 8-week robotics curriculum in pre-kindergarten through second grade. *International Journal of Technology and Design Education*, 26(1), 3–20.
- Weintrop, D., y Wilensky, U. (2015). To Block or not to Block, That is the Question: Students’ Perceptions of Blocks-based Programming. En *Proc. IDC '15. ACM* (pp. 199–208). <http://doi.org/10.1145/2771839.2771860>
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35. <http://doi.org/10.1145/1118178.1118215>

ANEXO 1

Tabla 5. Representaciones de los estudiantes indicados para los problemas T01 y T02

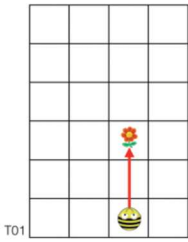
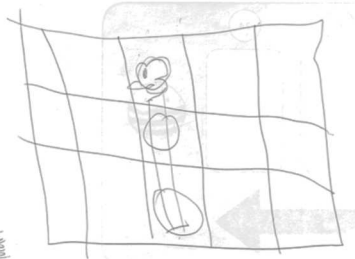
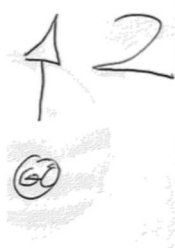
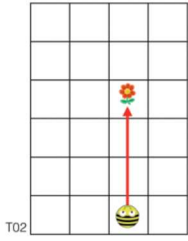

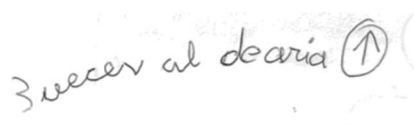
T01		
		
	5P1a	5P1b
T02		
		
	5P2a	6P1a

Tabla 6. Representaciones de los estudiantes indicados para el problema T03

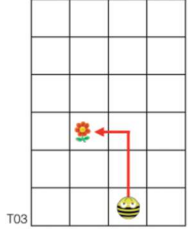
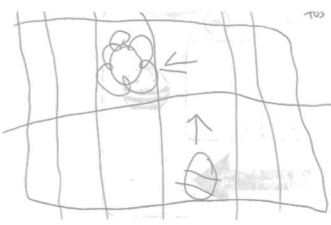
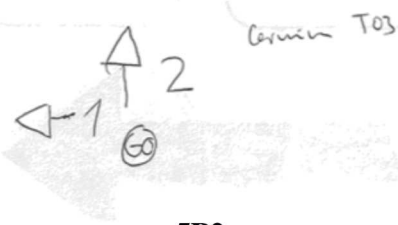


T03		
		
	5P1b	5P2a
		
	6P3a	10P2b

Tabla 7. Representaciones de los estudiantes indicados para los problemas T04 y T05

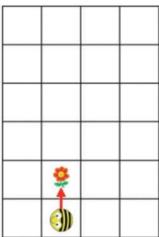
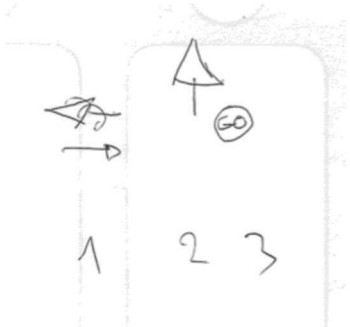

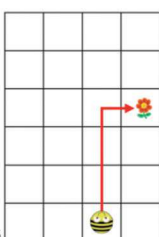

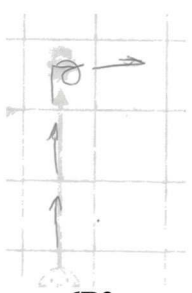
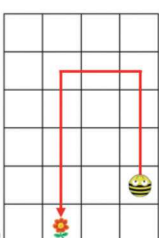
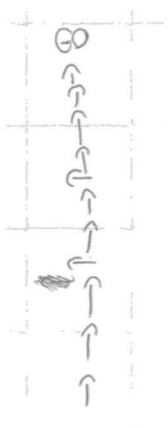

T04		
 <p>T04</p>	 <p>5P2b</p>	 <p>6P1b</p>
T05		
 <p>T05</p>	 <p>5P1b</p>	 <p>6P2a</p>

Tabla 8. Representaciones de los estudiantes indicados para el problema T09

T09		
 <p>T09</p>	 <p>10P1a</p>	 <p>10P1b</p>

ANEXO 2

Tabla 9. Planes elaborados por las parejas 5P1 y 5P2 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

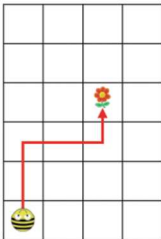
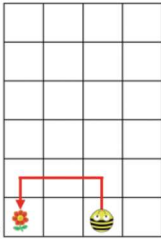
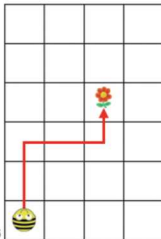
	5P1 – T06	5P1 – T08	5P2 – T06
Planes elaborados con las tarjetas			
1	[↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, GO]	[↑, <, ↑, ↑, ↑, ↓, GO]	[↑, ↑, >, <, ↑, GO]
2	[↑, ↑, >, ↑, ↑, >, <, GO]	[↑, <, ↑, ↑, GO]	[↑, ↑, >, ↑, ↑, GO]
3	[↑, ↑, >, ↑, ↑, <, ↑, GO]	[↑, <, ↑, ↑, ↓, GO]	X
4		[↑, <, ↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]	

Tabla 10. Planes elaborados por la pareja 6P1 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

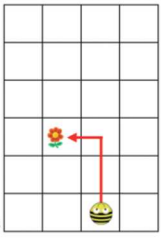
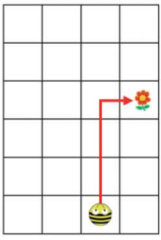
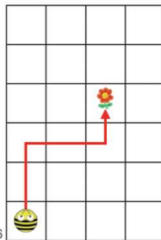
	6P1 – T03	6P1 – T05	6P1 – T06
Planes elaborados con las tarjetas			
1	[↑, ↑, <, GO]	[↑, ↑, ↑, >, GO]	[↑, ↑, >, >, ↑ GO]
2	[↑, ↑, >, >, GO]	[↑, ↑, ↑, >, ↑, GO]	[↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, GO]
3	[↑, ↑, >, ↑, GO]		[↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, ↑, GO]
4			[↑, ↑, ↑, >, ↑, <, ↑, GO]
5			[↑, ↑, ↑, >, ↑, <, ↑, ↑, ↑, GO]
6			[↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, GO]
7			[↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, <, ↑, GO]

Tabla 11. Planes elaborados por la pareja 6P2 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

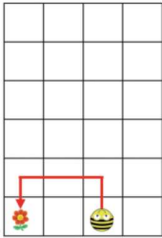
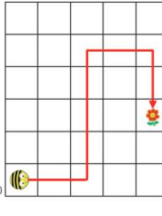
	6P2 – T08	6P2 – T10
Planes elaborados con las tarjetas		
1	[↑, >, <, ↑, GO]	[↑, ↑, <, ↑, ↑, ↑, <, ↑, ↑, >, ↑, ↑, GO]
2	[↑, <, ↑, ↑, <, ↑, GO]	[↑, ↑, <, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, ↑, GO]

Tabla 12. Planes elaborados por la pareja 6P3 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

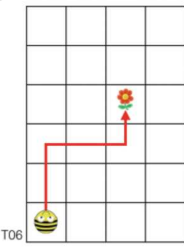
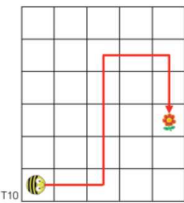
		6P3 – T06	6P3 – T10
Planes elaborados con las tarjetas			
		1	[↑, ↑, >, ↑, >, ↑, GO]
		2	[↑, ↑, >, ↑, ↑, >, GO]
		3	[↑, ↑, >, ↑, ↑, ↑, GO]
		4	[↑, ↑, >, ↑, ↑, <, GO]
		5	[↑, ↑, >, ↑, ↑, <, ↑, GO]
			[↑, ↑, >, ↑, GO]
			[↑, ↑, >, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, GO]
			[↑, ↑, >, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, GO]
			X

Tabla 13. Planes elaborados por la pareja 10P1 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

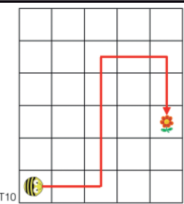
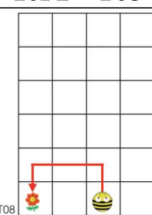
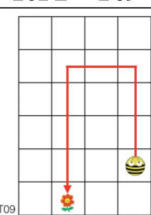
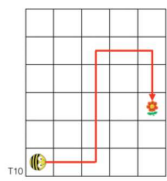
		10P1 – T10
Planes elaborados con las tarjetas		
	1	[↑, ↑, >, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, GO]
	2	[↑, ↑, <, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, GO]

Tabla 14. Planes elaborados por la pareja 10P2 en los problemas seleccionados para la fase experimental 3

		10P2 – T08	10P2 – T09	10P2 – T10
Planes elaborados con las tarjetas				
	1	[↑, ↑, <, ↑, ↑, <, ↑, GO]	[↑, ↑, ↑, <, ↑, ↑, <, ↑, ↑, ↑, ↑, GO]	[↑, ↑, <, ↑, ↑, ↑, >, ↑, ↑, >, ↑, GO]



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

MAGISTER

www.unioviado.es/reunido



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Read&Learn: una herramienta de investigación para el aprendizaje asistido por ordenador

Emilia López-Iñesta^{1*}, Daniel García-Costa², Francisco Grimaldo² y Eduardo Vidal-Abarca³

¹ Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València. ² Departament d'Informàtica, Universitat de València. ³ Departament de Psicologia Evolutiva i de l'Educació, Universitat de València

PALABRAS CLAVE

Entorno tecnológico
Aprendizaje
Interacción asistida por
computador
Lectura orientada a tareas
Realimentación

KEYWORDS

Technological environment
Learning
Computer-assisted interaction
Task-oriented reading
Feedback

RESUMEN

La tecnología actual permite el diseño de herramientas de evaluación basadas en computadora para proporcionar retroalimentación a los estudiantes mientras aprenden, así como también registrar sus efectos en el procesamiento y los resultados de aprendizaje. Esta contribución pretende demostrar las capacidades y opciones de configuración del entorno tecnológico Read&Learn, una herramienta para la investigación del proceso seguido por el alumnado en situaciones de lectura orientada a tareas desde el inicio hasta el final de la resolución de las actividades relacionadas con un enunciado. De esta manera, Read&Learn realiza un registro muy minucioso de la actividad del alumno que permite obtener una gran cantidad de información acerca del procedimiento y la manera en la que se resuelven las diferentes tareas planteadas. En particular, se exponen los resultados preliminares de un experimento llevado a cabo con Read&Learn en un curso universitario en una asignatura relacionada con la Estadística.

Read & Learn: a research tool for computer-assisted learning

ABSTRACT

Current technology allows the design of computer-based assessment tools to provide feedback to students while learning, as well as recording its effects on processing and learning outcomes. This contribution aims to demonstrate the capabilities and configuration options of Read&Learn, a technological environment for researching the process followed by students in task-oriented reading situations from the beginning to the end of the resolution of an activity or exercise. Read&Learn performs a very detailed record of the student's activity, which allows obtaining a large amount of information about the procedure and the way in which the different tasks are solved. In particular, we present the preliminary results of an experiment carried out with Read&Learn in a university course in a subject related to Statistics.

Universitat de València

Autora de correspondencia: * Emilia López-Iñesta. E-mail: emilia.lopez@uv.es. Departament de Didàctica de la Matemàtica, Universitat de València. Av. dels tarongers, 4. 46022, València.

Recibido el 01/07/2018 – Aceptado el 13/09/2018

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa
Facultad de Formación del Profesorado y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

Introducción

La integración de las Tecnologías de la Información y Comunicación en las aulas en las últimas décadas ha impulsado la aplicación de nuevas metodologías de enseñanza aumentando el nivel de satisfacción de los estudiantes, así como sus resultados de aprendizaje y favoreciendo el desarrollo del potencial cognitivo del alumnado (Cecez-Kecmanovic y Webb, 2000).

En la actualidad, el empleo de entornos tecnológicos de aprendizaje en línea, como los denominados sistemas de gestión de aprendizaje (*Learning Management System, LMS*), los Entornos Virtuales de Aprendizaje (EVA) o las plataformas de aprendizaje colaborativo apoyado por computadora, no solo se utilizan como repositorio de documentos, ejercicios u otros tipos de recursos al que puede acceder el estudiantado, sino que además se emplean para generar y almacenar grandes cantidades de datos relacionados con el proceso de enseñanza-aprendizaje (Romero, Ventura y García, 2008) registrando la interacción estudiante-computador y conformando la traza digital del alumno.

De esta manera, surgen en los últimos años nuevas áreas de estudio relacionadas con el análisis de datos conocidas como la Analítica de datos de aprendizaje (*Learning Analytics, LA*) y la Minería de Datos Educativa (*Educational Data Mining, EDM*). Ambos términos, LA y EDM, tal y como señalan Calvet Liñán y Juan Pérez (2015) tienen un objetivo común: mejorar la calidad de la educación mediante el análisis de los datos recogidos para extraer información útil para los interesados (profesores, estudiantes, instituciones educativas, investigadores, empresas y sociedad en general).

En particular, autores como Long, Siemens, Conole y Gašević (2011), definen LA como el área que se encarga de medir, recopilar, analizar y presentar datos sobre los estudiantes y sus contextos, para comprender y optimizar el aprendizaje y los entornos en el que este se produce. Por otro lado, Romero y Ventura (2007), presentan EDM como un subcampo de la minería de datos, centrado en explorar conjuntos de datos educacionales para entender mejor a los estudiantes y los ambientes en los que aprenden.

Así pues, la aplicación de modelos de LA en los sistemas de enseñanza asistida por ordenador fomenta el diseño de soluciones que se pueden individualizar o personalizar para el alumnado, ya que una vez procesados y analizados los datos recogidos, se pueden emplear para detectar patrones de aprendizaje con los que recomendar secuencias de actividades para reforzar determinados contenidos o avanzar en el temario una vez se han superado estos y así tratar de mejorar el rendimiento de las y los estudiantes.

Más concretamente, el estudio de la traza digital registrada durante la realización de una determinada tarea puede contribuir positivamente en la comprensión de los distintos factores que intervienen en los procesos cognitivos y estrategias seguidas por los estudiantes, así como descubrir y diagnosticar qué tipo de ayuda o soporte les conduciría a la correcta realización de las actividades diseñadas.

Por ello, uno de los elementos clave es la incorporación de mensajes de ayuda conocidos habitualmente como retroalimentación o *feedback* (Hattie y Timperley, 2007; Shute, 2008) proporcionada a los estudiantes, ya que según autores como Mory (2004), se trata de uno de los recursos más efectivos para aumentar el aprendizaje de los estudiantes.

El trabajo presentado por Van der Kleij, Feskens y Eggen (2015) realiza una amplia revisión de los efectos de la retroalimentación en el aprendizaje de los estudiantes señalando que habitualmente se proporcionan tres tipos de retroalimentación que consisten en mensajes que indican si la respuesta es correcta o incorrecta, información que señala cuál es la respuesta correcta y la denominada retroalimentación formativa u orientada al acierto. En este tipo concreto de retroalimentación tal y como apuntan

autores como Mason y Bruning (2001), los mensajes incluyen habitualmente explicaciones, sugerencias o recomendaciones que dirigen explícitamente el comportamiento o las estrategias del alumno fomentando la adecuada comprensión de las demandas de la tarea, de tal manera, que el conocimiento adquirido pueda ser aplicado a nuevas situaciones de aprendizaje. Asimismo, la retroalimentación formativa facilita al alumno autoevaluar o reflexionar sobre su propio proceso de aprendizaje, con el objetivo de que este entienda lo que está haciendo y busque posibles estrategias alternativas para mejorar su aprendizaje.

La retroalimentación está vinculada estrechamente con situaciones de lectura orientada a tareas permitiendo realizar una evaluación de la competencia lectora de los estudiantes (Snow y RAND Reading Study Group, 2002; OECD, 2009). En estas situaciones de lectura, el alumnado debe responder una serie de preguntas mientras un determinado texto se encuentra disponible para su consulta. Es por ello por lo que las y los estudiantes se encuentran en un contexto en el que como indican Rouet (2006) y McNamara y Magliano (2009) además de demostrar la comprensión del texto, deben ser capaces de tomar una serie de decisiones estratégicas relacionadas con la búsqueda de información requerida en las preguntas formuladas.

En este trabajo se presenta Read&Learn (R&L), un entorno tecnológico flexible con el que analizar cómo los estudiantes interactúan en línea con un determinado enunciado mientras contestan preguntas o resuelven actividades relacionadas con este.

Read&Learn permite diseñar y realizar experimentos basados en lectura orientada a tareas en los que es posible configurar, entre otras funcionalidades, el formato de las preguntas, el acceso al texto durante una prueba, el enmascaramiento de partes del texto o el empleo de distintos tipos de retroalimentación tras la contestación de las preguntas.

De esta forma, Read&Learn registra minuciosamente la secuencia de acciones del estudiante durante la ejecución de una tarea siendo posible obtener variables como el tiempo total de lectura del texto en general, el tiempo de consulta en cada segmento de información enmascarado o cambio de opción al responder después de recibir realimentación, siendo posible analizar las estrategias seguidas por los estudiantes cuando se enfrentan a situaciones de lectura orientada a tareas como la resolución de actividades o ejercicios.

La utilidad principal de Read&Learn es diseñar estudios de investigación con los que rastrear el procesamiento en línea del alumnado al leer un texto sobre el que realizar diferentes tipos de tareas con el fin de probar hipótesis específicas sobre el impacto de la tarea y las condiciones de retroalimentación en el aprendizaje.

El objetivo de este trabajo es doble: el objetivo principal consiste en describir la herramienta Read&Learn, entorno tecnológico que se encuentra en la fase II de su desarrollo, así como mostrar su potencialidad y posibilidades en el ámbito del LA. El objetivo secundario trata de mostrar una aplicación preliminar de la herramienta con las opciones disponibles en la fase I de desarrollo. En particular, se exponen los resultados preliminares de un experimento llevado a cabo en un curso universitario en una asignatura relacionada con la Estadística para estudiar y evaluar el rendimiento del alumnado en función del tipo de retroalimentación recibido después de contestar preguntas de opción múltiple.

Descripción de la herramienta Read&Learn (R&L)

Read&Learn es una herramienta orientada a la investigación que permite el diseño y confección de experimentos basados en la lectura de textos y la resolución de tareas asociadas al texto.

Ha sido desarrollada como un sistema basado en tecnologías web, accesible desde cualquier navegador y a través de cualquier sistema operativo, para medir la interacción del usuario en este tipo de tareas orientadas a la lectura de un texto y la resolución

de actividades, ejercicios o preguntas sobre un determinado enunciado.

El sistema registra de manera exhaustiva todas las acciones del usuario con una precisión de milisegundos y es capaz de extraer posteriormente la traza completa de este durante la realización de las tareas asignadas, así como las respuestas dadas en cada una de las preguntas asociadas al texto para su posterior análisis y corrección de las actividades. Una de las características fundamentales de Read&Learn es que las secuencias de datos de cada alumno pueden ser exportadas en diversos formatos para analizarse a posterior con otros programas de análisis de datos (R, SPSS, etc.). Además, también se puede acceder a la traza de cada alumno convertida en una serie de variables predefinidas en función del objetivo del estudio a realizar como el tiempo de lectura de un texto o el tiempo que se emplea respondiendo a una pregunta.

En el sistema Read&Learn se pueden señalar dos partes bien diferenciadas: por un lado, un entorno de administración a través del cual se crean y configuran los textos y las diferentes preguntas asociadas a cada uno de estos, así como la definición de la retroalimentación para cada una de estas preguntas, en el caso de ser necesario. Por otro lado, la interfaz pública permite al alumno acceder con su usuario, leer los textos, responder las pre-

guntas y realizar todas las tareas que tenga asignadas, pudiendo variar la organización de esta en función de la plantilla asignada a cada una de las partes del experimento, siendo el experimento el elemento de mayor nivel, que contiene en su interior todo el material que definen las tareas que se le presentarán al alumno.

Los experimentos, como se explicarán a continuación, permiten presentar información textual y gráfica con un procedimiento de enmascaramiento/desenmascaramiento que permite al investigador saber qué información se encontraba activa en cada momento de la lectura y de la realización de las tareas propuestas. De esta manera, se pueden estudiar cuestiones como por ejemplo si el lector ha leído o no la información pertinente para responder a cada una de las preguntas que se le muestran, cuánto tiempo ha permanecido en cada fragmento o cuántas veces ha consultado el texto antes de contestar las preguntas.

Diseño de experimentos en la herramienta Read&Learn

Un experimento en Read&Learn está centrado en el concepto de tarea tal y como se observa en la Figura 1. A cada experimento diseñado se asocia un grupo de alumnos a los que se les podrá identificar mediante un nombre de usuario y contraseña que se creará mediante Read&Learn.

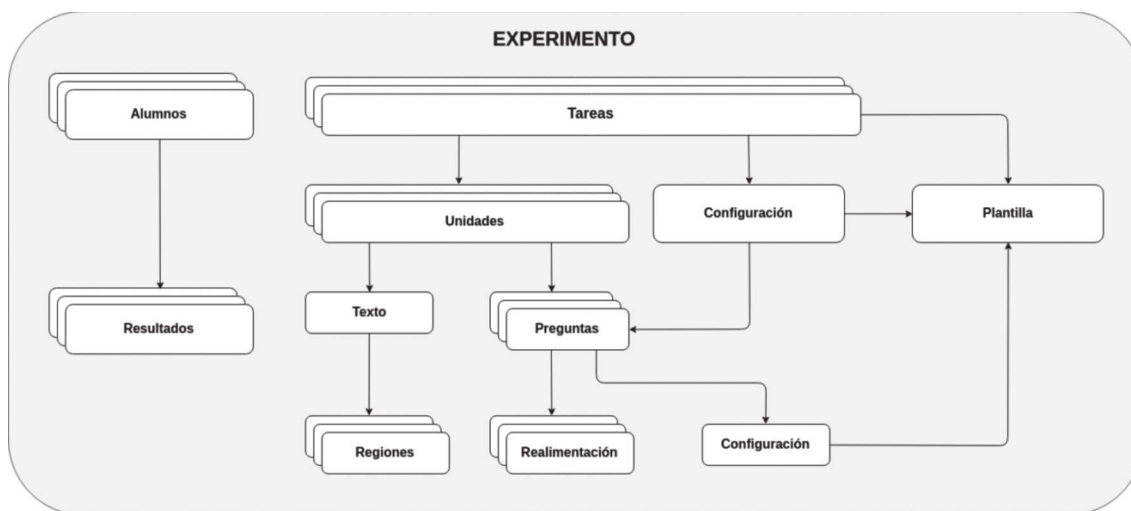


Figura 1. Estructura general de la herramienta

A su vez, las tareas se dividen en diferentes unidades que se componen de un texto y una serie de preguntas en referencia a ese texto, así como unas reglas de retroalimentación en caso de necesitarse o definirse. La Figura 2 muestra un ejemplo de una

tarea compuesta por 4 unidades o ejercicios. La unidad es una estructura de organización que se debe entender como una especie de contenedor que no ha de ser configurado ni parametrizado de ninguna manera.












Units of Tema1		
New Unit		
	Name	Actions
✘	Ejercicio 4	  
✘	Ejercicio 1	  
✘	Ejercicio 2	  
✘	Ejercicio 3	  

Figura 2. Tarea compuesta de 4 unidades

Para cada tarea se puede diseñar una plantilla que definirá la estructura básica del experimento. Se dispone de dos plantillas principales: una donde las preguntas se muestran insertadas en el propio texto y otra plantilla basada en separación de texto y preguntas, en la que estos se muestran por separado y el usuario no puede ver ambas cosas a la vez.

El comportamiento de cada una de las plantillas varía en función de la configuración seleccionada en la tarea, dado que esta por defecto se hereda en todos los componentes que dependan de ella (es decir, las unidades, el texto, las preguntas, etc.), a menos que se defina una configuración específica en uno de los elementos dependientes en la jerarquía. En ese caso, la configuración será heredada por todos, excepto por aquellos elementos que tengan definida una configuración propia. La Figura 3 muestra las opciones de configuración que se dividen en 3 apartados: enmascarado (*masking*), disponibilidad (*availability and answering procedure*) y retroalimentación (*feedback*).

En el bloque de funcionamiento del enmascarado se puede definir qué elementos se van a enmascarar y cuándo o en qué condiciones se hará. Asimismo, el bloque de disponibilidad define la posibilidad de volver al texto una vez se ha cambiado a la ventana de preguntas o después de haber validado una respuesta, también permite activar la existencia de un segundo intento en las preguntas de alternativa múltiple, etc.

Por último, el bloque de retroalimentación permite definir el comportamiento de los mensajes de ayuda.

The image shows a configuration interface with three main sections, each with a blue header and a list of options with checkboxes:

- MASKING**
 - Question statement
 - Multiple-choice question
 - Question statement in revision
 - Multiple-choice question in revision
 - While text searching
 - Text after validating
- AVAILABILITY & ANSWERING_PROCEDURE**
 - Of text while answering
 - Of text after validating
 - Prohibit reading text after question if not answered
 - Validate before moving to the next question
 - Second attempt
 - Highlight relevant information
 - Forcing to highlight relevant information
 - Automatically jump to the next question
- FEEDBACK**
 - Show correct response
 - Assessment of highlighted information
 - Show ideal relevant information
 - Knowledge of response after second attempt

Figura 3. Opciones de configuración

Al preparar el enunciado de una actividad o ejercicio, los textos pueden ser formateados a través de un editor integrado en la propia herramienta (como se ve en la Figura 4) que ofrece todas las funcionalidades básicas de un editor de textos con-

vencional. Este permite el enmascaramiento del texto, total o parcialmente, mediante una opción con la que puede subrayar el texto en diferentes colores, creando una región para cada color utilizado.

The image shows a text editor interface with a toolbar at the top containing various icons for text formatting and editing. The main text area displays a document titled "LA TRANSMISIÓN DEL CALOR" with several paragraphs of text. The text is highlighted in different colors (green, blue, purple) to demonstrate the editor's capabilities. The text includes sections like "1. El termómetro y el equilibrio térmico" and "2. Calor, energía cinética y temperatura".

Figura 4. Editor de textos integrado en la herramienta

Por otro lado, se puede incluir una serie de preguntas referentes al enunciado que pueden ser definidas como preguntas de múltiples alternativas o como preguntas de respuesta abierta. Si se trata de preguntas abiertas, solo se podrá definir una retroalimentación a nivel general, ya que la herramienta no analiza las respuestas introducidas como texto. Sin embargo, si se trata de una pregunta de elección múltiple, se puede definir una retro-

alimentación general de acierto o error, en función de la alternativa seleccionada como muestra la Figura 5. Además, es posible incluso incluir una retroalimentación basada en reglas definida por una serie de variables disponibles, como por ejemplo el tiempo que el usuario emplea leyendo el enunciado, el número de veces que este vuelve a buscar el texto, etc., que pueden combinarse para formar reglas compuestas.

Choices		Add
Option a)	13%	
Feedback a)	¡Atención! Recuerda el concepto de proporción	
Option b)	0.13	
Feedback b)	¡Correcto, sigue así!	
Option c)	0.18	
Feedback c)	¿Estás seguro de que debes acumular?	
Option d)	18%	
Feedback d)	¡Fíjate! Mejor! ¿A que categoría se refiere?	

Figura 5. Pregunta de elección múltiple con la opción B marcada como válida

A los experimentos diseñados se accede a través de la interfaz pública de la herramienta donde cada participante se identifica con su nombre de usuario y contraseña. Una vez se ha autenticado el usuario, se solicitan datos tales como el sexo, la lengua materna, la lengua de escolarización, etc., con el fin de poder segmentar los resultados y obtener conclusiones en función a la

población que realiza el experimento (ver Figura 6). Después de introducir estos datos, se muestran las instrucciones previamente definidas en el experimento y en el momento en que el usuario seleccione la opción de empezar se cargará la primera tarea del experimento.

Genero	Hombre	Fecha de Nacimiento	30/05/2018
Centro			
Curso	1º	Grupo	A
Lengua Materna	Valenciano	Lengua Escolar	Valenciano
SIGUIENTE			

Figura 6. Datos solicitados al usuario

Una vez accedido al experimento, siempre en función de las opciones definidas en la configuración, el alumno podrá navegar libremente por el enunciado de la actividad a resolver. El texto se puede mostrar al completo o en su defecto, segmentado en una o varias regiones enmascaradas (siempre que estas hayan sido definidas mediante la herramienta de subrayado) y solo podrán ser desenmascaradas al presionar sobre ellas para hacerlas visibles como se observa en la Figura 7. El contenido de las regiones

marcadas previamente al diseñar el experimento en un mismo color se hará visibles a la vez cuando un alumno o alumna presione sobre ellas. Si las regiones se hubieran definido con distinto mismo color, se mostrará su contenido cuando se presione sobre cada uno de los segmentos de texto ocultos.

El acceso a cada una de estas regiones enmascaradas será registrado por el sistema para medir, entre otras cosas, la velocidad de lectura del usuario, si se sigue un orden lógico de lectura, etc.



Figura 7. Texto presentado por regiones

Las preguntas son mostradas de una en una tal y como muestra la Figura 8 y siempre en un formato muy similar independiente de que sean preguntas de múltiples alternativas o preguntas de respuesta abierta. Asociados a estas preguntas, se

mostrarán los mensajes de retroalimentación definidos en cada caso como se puede ver en la Figura 9, después de responder cada una de estas.

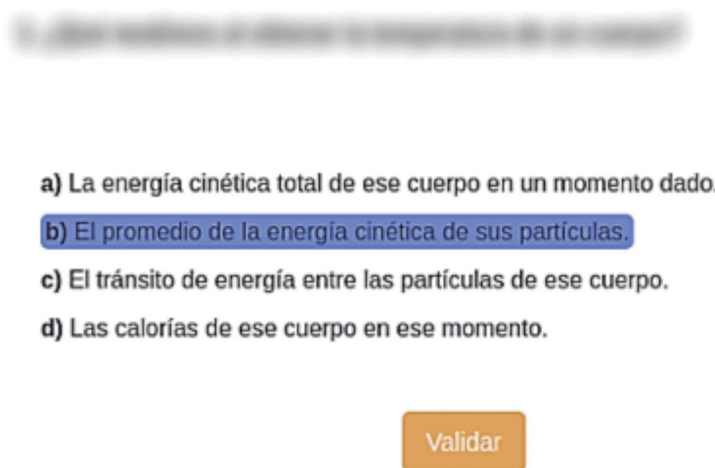


Figura 8. Pregunta con una opción seleccionada y enunciado enmascarado



Figura 9. Mensajes de retroalimentación

Mientras el alumno realiza el experimento, el sistema va registrando minuciosamente cada una de las acciones que este realiza sobre la herramienta: el momento en que desenmascara cada una de las regiones de un texto o los elementos de las preguntas, las transiciones entre ventana de texto y preguntas, la interacción con los mensajes de realimentación, etc.

Una vez finalizadas todas las unidades del experimento la ventana emergente se cierra automáticamente y se bloquea el acceso de ese alumno a la herramienta, de tal forma que la integridad de los datos registrados quede garantizada.

Las secuencias de datos registradas de cada alumno se pueden guardar en diversos formatos (texto, hoja de cálculo, etc.) para realizar un análisis con otros programas. Como se ha indicado anteriormente, Read&Learn además de permitir exportar la traza *en bruto* para su completo análisis, permite la conversión de la traza de datos en una serie de variables tales como tiempo leyendo enunciado, tiempo respondiendo la pregunta, etc., o in-

cluso pueden descargarse únicamente las respuestas a cada una de las preguntas del experimento.

Definición del experimento piloto

Con el objetivo de comprobar la utilidad de Read&Learn y el uso de las opciones disponibles en la fase I de desarrollo de la herramienta, se plantearon inicialmente dos cuestiones a estudiar a través del análisis de los datos obtenidos. Por un lado, verificar el posible impacto del uso de una retroalimentación orientada al acierto frente a no mostrar mensaje de retroalimentación alguno; por otro lado, contrastar si estos mensajes de retroalimentación incitan al alumno a volver al texto y a consultar la información que se les está proporcionando.

Para tal efecto, se diseñó un experimento piloto para el alumnado universitario del Grado en Ciencias del Deporte y la Actividad Física dentro del marco de la asignatura de Estadística, con

el fin de evaluar el rendimiento en función del tipo de retroalimentación recibido en la realización de diferentes tareas orientadas a practicar conceptos de estadística descriptiva (tipos de tablas, tablas de frecuencia, gráficos, etc.).

Participantes

Para la realización de este estudio piloto se definieron dos grupos: un grupo de control con un total de 10 alumnos y un grupo experimental con un total de 12 alumnos.

Para este fin, se crearon dos experimentos, ambos con los mismos contenidos, un texto que integraba imágenes y gráficas y una serie de preguntas de alternativa múltiple respecto al texto.

Así pues, se definieron un total de 4 unidades con 6, 8, 5 y 8 preguntas respectivamente.

En el experimento del grupo de control no se definieron mensajes de retroalimentación y únicamente se proporcionaba al alumnado un mensaje indicativo de acierto o error en caso de acertar o fallar al responder cada pregunta; en el grupo experimental, en cambio, se definieron mensajes de retroalimentación formativa (orientada al acierto) en cada una de las alternativas de las preguntas.

Ambos experimentos se configuraron para permitir al alumno consultar el texto en cualquier momento, pero obligándole a responder antes de cambiar de pregunta y se les asignaron un máximo de dos intentos al responder cada pregunta. Las tareas propuestas se seleccionaron para poder realizar cada experimento en una única sesión de clase de 1 hora y cuarto.

Análisis exploratorio de los datos

Una vez finalizados ambos experimentos las trazas resultantes de cada uno de los alumnos son transformadas en una serie de datos agregados, representando diversas variables para ser usadas como métricas de los parámetros que se deseen medir.

En este primer análisis exploratorio de los datos obtenidos, se extraen por un lado variables relacionadas con el tiempo, tiempo total en cada una de las unidades (tiempo de lectura sumado al tiempo de resolución de las preguntas), tiempo de la primera lectura del texto, tiempo total en cada una de las preguntas y tiempo en cada uno de los intentos de respuesta (primer o segundo intento, en caso de fallar).

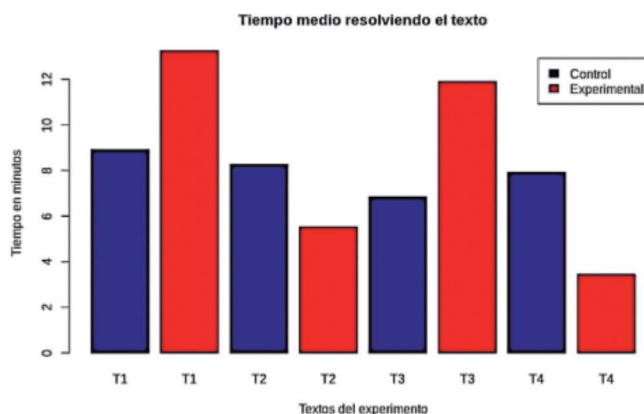
Por otro lado, se extraen variables que indican el número de veces que se realizan ciertas acciones, número de veces que el alumno vuelve al texto después de haber visto las preguntas, el número de intentos necesarios para responder la pregunta y si la respuesta final dada por el usuario es correcta o no, obteniendo una puntuación de 1 en caso de ser correcta y 0 en caso de ser incorrecta. En caso de ser incorrecta, se puntúa también la respuesta dada en el segundo intento.

Este conjunto de variables se exporta en un fichero CSV (*Comma Separated Values*), en los que cada fila representa a un alumno y contiene cada una de las variables tratadas.

El fichero resultante puede ser introducido en cualquier software de análisis de datos, como, por ejemplo, R o SPSS, para extraer las conclusiones que se deseen y/o representar gráficamente los resultados del experimento.

La primera comparativa extraída es el tiempo medio que un alumno tardó en resolver completamente cada uno de los textos y sus respectivas preguntas (ver Figura 10). Como se puede apreciar, el grupo experimental tiene valores de tiempo mayores en los textos 1 y 3 con respecto al grupo control. Esto puede tener relación con una de las cuestiones que se planteaban en el diseño del experimento que se centraba en verificar si la retroalimentación orientada al acierto que recibe el alumnado en el grupo experimental incentiva al alumno a volver al texto después de fallar.

Figura 10. Tiempo medio de los alumnos en terminar cada una de las unidades (textos)



Con el fin de comprobar con mayor fiabilidad si realmente los alumnos del grupo experimental reaccionan con un mayor número de búsquedas a la retroalimentación y por tanto emplean más tiempo en la lectura de los textos, se extrae el número de veces que los alumnos vuelven a consultar el texto en cada uno de los grupos, tanto en el primer como en el segundo intento. Así, en las Figuras 11 y 12, se discrimina el tiempo de lectura del texto y se compara en base al número de veces que se accede, verificando así, que los alumnos del grupo experimental consultan más veces el texto que aquellos alumnos que pertenecen al grupo de control.

Figura 11. Media de veces que los alumnos vuelven al texto en el primer intento

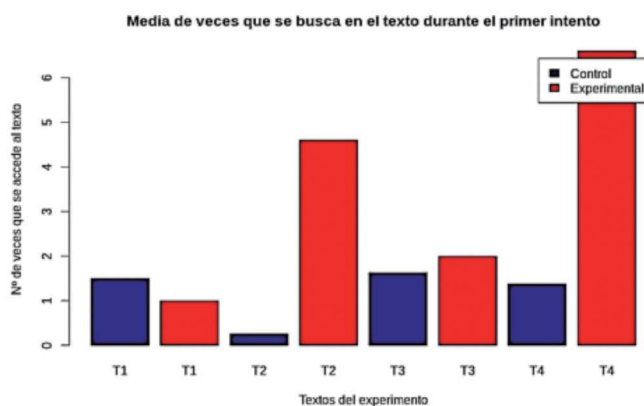
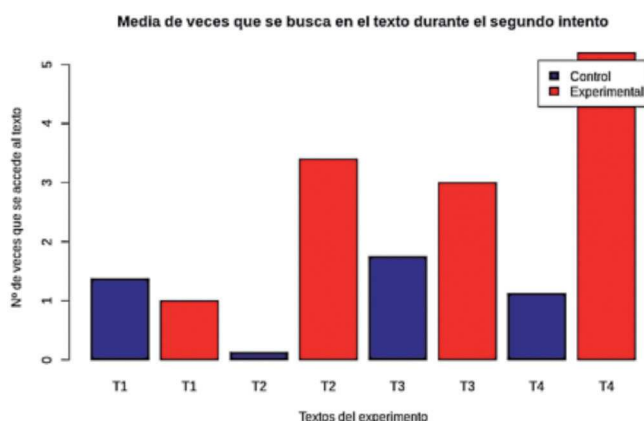
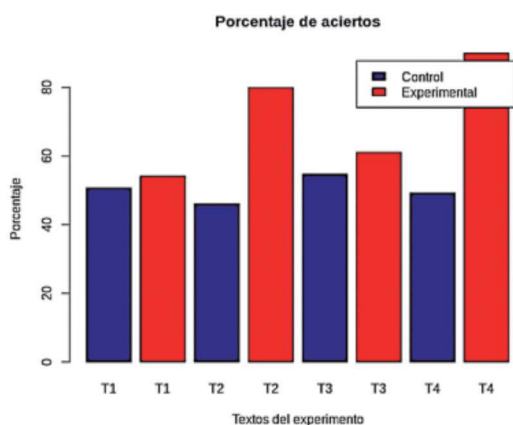


Figura 12. Media de veces que los alumnos vuelven al texto en el segundo intento



Con el fin de comprobar el impacto sobre el número de aciertos de la retroalimentación orientada al acierto, se extrae la media de aciertos en cada una de las unidades para ambos grupos. En la Figura 13, puede verse cómo el porcentaje de aciertos es mayor en el grupo experimental que en el grupo de control.

Figura 13. Porcentaje de aciertos de ambos grupos



Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el entorno tecnológico Read&Learn que permite analizar cómo los estudiantes interactúan en un experimento centrado en situaciones de lectura orientadas a la tarea como la resolución de actividades y ejercicios de la asignatura Estadística en un grado universitario. Los datos recogidos por Read&Learn tras la realización de este experimento preliminar en el uso de esta herramienta permiten comprobar el impacto positivo de utilizar mensajes con una retroalimentación orientada al acierto frente al uso de mensajes únicamente de acierto o error.

Así pues, Read&Learn resulta una herramienta muy útil para investigadores y docentes en el uso de nuevas tecnologías aplicadas a la docencia en diversos niveles educativos. Algunas de las principales ventajas de Read&Learn son las siguientes: es gratis y flexible para el diseño de experimentos. Se puede usar en computadoras y tabletas y proporciona datos fiables que pueden transformarse fácilmente en variables significativas (por ejemplo, tiempos de lectura en pasos específicos o decisiones de los estudiantes). Por otro lado, permite realizar experimentos colectivos en los que la medición de datos en lectura orientada a tareas y su aprendizaje no es intrusiva. Otro aspecto interesante reside en la posibilidad de combinar fácilmente con otras metodologías (por ejemplo, pensar en voz alta).

La principal ventaja de Read&Learn es, sin embargo, la posibilidad de capturar con precisión, en milisegundos, todas las acciones realizadas por los estudiantes. Esta precisión, junto con la herramienta de enmascaramiento, hace posible crear secuencias con la colección de acciones ordenadas que cada alumno ha llevado a cabo mientras aprendía. Además, puede procesar estas secuencias y generar archivos tabulados que pueden ser directamente analizado por los principales paquetes estadísticos (es decir, SPSS, R, SAS, BMDP).

Por otro lado, se debe resaltar la potencia del exportador de datos del sistema Read&Learn que arroja una gran versatilidad y capacidad de convertir trazas de seguimiento de un alumno en un conjunto de variables, haciendo así más accesible el proceso de estudio para investigadores que no estén familiarizados con el análisis avanzado de datos y resultando más sencilla la detección de los patrones de los distintos problemas o dificulta-

des que puedan tener los alumnos en la resolución de una tarea, arrojando información muy diversa acerca de la forma en la que el alumno realizó la tarea (el número de intentos, el tiempo o las veces que se consulta el texto).

Como líneas de trabajo futuro, se diseñará un experimento para probar todas las opciones de la herramienta disponibles después de la fase II de desarrollo estudiando si existen diferencias en el rendimiento del alumnado en función del tipo de retroalimentación recibido después de contestar preguntas de opción múltiple relacionadas con la lectura de textos continuos y no continuos (es decir, aquellos que incluyen gráficos, tablas, y cualquier otra estructura de texto distinta a la conformada por frases agrupadas en párrafos y/o secciones). Una de las limitaciones a señalar en este trabajo y que da lugar a otra mejora como trabajo futuro, reside en el hecho de que las actividades relacionadas con un enunciado han de ser realizadas de manera secuencial. En la siguiente fase de desarrollo de Read&Learn se incluirán diagramas de flujo para que la estructura de las actividades sea más flexible y el estudiante disponga de más de una alternativa a la hora de enfrentarse a un enunciado y sus preguntas.

Referencias

- Calvet Liñán, L., & Juan Pérez, Á. A. (2015). Educational Data Mining and Learning Analytics: differences, similarities, and time evolution. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 12(3), 98-112.
- Ceez-Kecmanovic, D. & Webb, C. (2000) Towards a communicative model of collaborative web-mediated learning. *Australian Journal of Educational Technology*, 16(1), 73-85.
- Hattie, J., & Timperley, H. (2007). The Power of Feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Long, P., Siemens, G., Conole, G., & Gašević, D. (2011). *Proceedings of the 1st International Conference on Learning Analytics and Knowledge (LAK11)*, Banff, AB, Canada, Feb 27-Mar 01, 2011. New York: ACM.
- Mason, B. J., & Bruning, R. (2001). Providing feedback in computer-based instruction: What the Research Tells Us. Class Research Report No. 9, Center for Instructional Innovation, University of Nebraska-Lincoln.
- McNamara, D. S., & Magliano, J. (2009). Toward a comprehensive model of comprehension. *Psychology of learning and motivation*, 51, 297-384.
- Mory, E. H. (2004). Feedback research revisited. In D. Jonassen (Ed.), *Handbook of research on educational communications and technology*, 745-783. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- OECD (2009). *PISA 2009: Assessment Framework Key Competencies in Reading, Mathematics and Science*. Paris: OECD Publishing.
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368-384.
- Romero, C., & Ventura, S. (2007). Educational data mining: A survey from 1995 to 2005. *Expert systems with applications*, 33(1), 135-146.
- Rouet, J. F. (2006). *The skills of document use: From text comprehension to Web-based learning*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Snow, C. & RAND Reading Study Group (2002). *Reading for understanding: Toward a research and developmental program in reading comprehension*. Retrieved from <http://www.rand.org/>
- Shute, V. J. (2008). Focus on formative feedback. *Review of Educational Research*, 78(1), 153-189.
- Van der Kleij, F. M., Feskens, R. C. W., & Eggen, T. J. H. M. (2015). Effects of feedback in a computer-based learning environment on students' learning outcomes: A meta-analysis. *Review of educational research*, 85(4), 475-511.



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Diseño de un estudio exploratorio para la aplicación de técnicas de analíticas de aprendizaje en la enseñanza de las fracciones en 5º curso de Educación Primaria

José Antonio Rodríguez¹, José Antonio González-Calero^{1*} y Ramón Cózar²

¹Departamento de Matemáticas, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete. ²Departamento de Historia, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete.

PALABRAS CLAVE

Analíticas del aprendizaje,
Fracciones
Educación primaria
Clickers
Enseñanza individualizada

KEYWORDS

Learning analytics
Fractions
Primary education
Clickers
Individualized learning

RESUMEN

El NMC Horizon Report 2017 destaca que las técnicas de analíticas de aprendizaje hacen posible la recopilación de grandes volúmenes de información en cualquier entorno educativo, y que estas pueden ser utilizadas para actuar como un elemento de control de la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este trabajo se presenta el diseño de un estudio orientado a analizar el potencial de dispositivos de respuesta remota (*clickers*) a la hora de construir secuencias de enseñanza personalizada en la asignatura de Matemáticas en 5º curso de Educación Primaria. En concreto, se plantea la realización de un estudio cuasi-experimental con una duración total de cuatro sesiones (cuatro sesiones de enseñanza más pre-test y post-test) en las que tanto el grupo de control como el experimental completarán una secuencia de enseñanza basada en problemas matemáticos. En cada sesión en ambos grupos se emplearán unos dispositivos de respuesta remota (*clickers*) para registrar el desempeño de los estudiantes en las tareas planteadas. Estas sesiones se utilizarán para crear una retroalimentación que en el grupo control se recibirá de forma genérica mientras que el experimental será individualizada. Para la evaluación de las ganancias de aprendizaje se empleará un cuestionario basado en estándares de aprendizaje asociados a las fracciones y evaluables en 5º de Primaria.

Design of an exploratory study for the application of learning analytical techniques in the teaching of fractions in the 5th year of Primary Education

ABSTRACT

The NMC Horizon Report 2017 highlights that the techniques of learning analytics make possible the collection of large volumes of information in any educational environment, and these can be used to act as an element of control of the effectiveness of teaching-learning processes. This paper presents the design of a study aimed at analyzing the potential of remote response devices (*clickers*) when constructing personalized teaching sequences in the Mathematics subject in the 5th year of Primary Education. In particular, a quasi-experimental study with a total duration of six sessions in which both groups will complete

Universidad de Castilla-La Mancha

Autor de correspondencia: * José Antonio González-Calero. E-mail: jose.gonzalezcalero@uclm.es. Departamento de Matemáticas, Universidad de Castilla-La Mancha, Facultad de Educación de Albacete. (Edificio Simón Abril). Plaza de la Universidad, 3. 02071, Albacete, España. +34 967 599200.

Recibido el 15/06/2018 – Aceptado el 07/09/2018

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa
Facultad de Formación del Profesorado y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

a teaching sequence based on mathematical problems will be carried out. In each session in both groups, remote response devices (clickers) will be used to record the students' performance in the tasks proposed. These sessions will be used to create a feedback that it will be received in a generic way in the control group while the experimental one will be individualized. For the evaluation of learning gains, a questionnaire based on learning standards associated with fractions and evaluable in 5th grade will be used.

Introducción

El NMC Horizon Report 2017 Higher Education Edition sitúa a *learning analytics* (analíticas de aprendizaje, en castellano) como una de las tendencias tecnológicas emergentes en de los sistemas educativos a medio plazo (Becker et al., 2017). *Learning analytics* (LA, en adelante) se define como la recogida, análisis y uso de información para la evaluación del comportamiento de comunidades de aprendizaje (Larusson y White, 2014). El informe Horizon Report 2017 destaca que la tecnología actual facilita la recogida de grandes cantidades de información en cualquier contexto educativo. Dicha información puede ser analizada para actuar como un elemento de control de la efectividad de los procesos de enseñanza-aprendizaje.

Las técnicas de LA comprenden una amplia variedad de posibilidades para la recogida de la información. De entre varias tecnologías, una de las que mayor aceptación goza entre los educadores que utilizan las TIC para mejorar la inclusión de todos

los alumnos y su intervención activa en el aula es la de *audience response systems* (sistemas de respuesta del público, ARS) (Fies y Marshall, 2006). En concreto, dentro de la tecnología ARS, destacan los *clickers*, dispositivos de pequeño tamaño, normalmente inferior al de un teléfono móvil, que suelen funcionar con un sistema de radiofrecuencia que permite a los usuarios responder preguntas previamente preparadas por el docente de manera ágil y sin necesidad de conexiones cableadas. Cada usuario responde desde su propio dispositivo, el cual transmite tanto la respuesta como el tiempo de respuesta. Estos datos son registrados por un sistema receptor que recoge la información para su posterior análisis (Caldwell, 2007). En contextos educativos este dispositivo tecnológico permite al docente un amplio abanico de diferentes actividades de recogida de información como pueden ser preguntas de elección múltiple, verdadero o falso, preguntas cortas e incluso trabajos extensos, dependiendo del dispositivo que se utilice (Mayer et al., 2009). La Figura 1 muestra algunos ejemplos de algunos de estos modelos.



Figura 1. Ejemplos de ARS

El presente estudio pretende presentar el diseño de una investigación para la realización de secuencias de aprendizajes personalizadas y adaptadas a los alumnos de Educación Primaria en la materia de Matemáticas utilizando las diferentes tecnologías que LA pone a nuestra disposición. Autores como Chien, Chang, y Chang, (2016); Hunsu, Adesope y Bayly (2016) o Papatitsiou & Economides (2014) detectan, dentro de LA, asociaciones beneficiosas en la introducción de estrategias didácticas orientadas a personalizar el aprendizaje de los alumnos (p.ej., *clicker assessment and feedback* (evaluación y retroalimentación con Clickers, CAF en adelante)), las cuales tienen una relevancia práctica crítica para conseguir una optimización de los sistemas de aprendizaje del siglo XXI. A su vez, este trabajo tratará de analizar los potenciales beneficios de la utilización de LA dentro de nuestras aulas de primaria, más concretamente dentro de las sesiones de matemáticas.

LA en educación

A pesar de que el análisis de los datos de los estudiantes de forma masiva se ha convertido en un fenómeno importante en la educación en la última década, en realidad, la utilización de *Big Data* en los entornos educativos no es algo nuevo. Así, el uso de datos para apoyar el aprendizaje del estudiante se remonta a la investigación sobre sistemas tutoriales inteligentes y la inteligencia artificial en educación (Fagen, Crouch, y Mazur, 2002). En la actualidad, el objetivo principal del uso de datos en educación se ha centrado en identificar estrategias para diseñar y optimizar mejores entornos de aprendizaje (Mor, Ferguson, y Wasson, 2015).

Entre los diferentes elementos que coexisten dentro de LA, todos tratan de describir un conjunto de diversas herramientas, aplicaciones y enfoques para manejar grandes cantidades de datos de estudiantes en contextos complejos en los que se produ-

ce el aprendizaje (Greer y Mark, 2016). Aunque ya a principios de 2000 las investigaciones apuntaban a que la minería de datos educativa poseía grandes potenciales en cuanto a la mejora educativa (p.ej., Baker y Inventado, 2014 o Romero, Ventura, y García, 2008), ésta evolucionó hacia el uso de LA. Así, aunque las dos comunidades de investigación comparten el objetivo de apoyar y mejorar las metodologías dentro de la educación, el enfoque de *educational data mining* (minería de datos educativa) se ocupa principalmente del descubrimiento automatizado del conocimiento que proviene de entornos educativos y de usar esos elementos para comprender mejor las actuaciones de los estudiantes y los procesos que favorecen el aprendizaje y ofrece una colección de herramientas computarizadas de recopilación y visualización de datos. En cambio, LA implica dar un paso más y busca proporcionar a los estudiantes y profesores herramientas y metodologías para construir secuencias de aprendizaje útiles en la optimización los procesos de enseñanza aprendizaje (p.ej., Mor et al., 2015 y Siemens y Baker, 2012).

A pesar de la creciente investigación sobre LA en educación y sus potenciales beneficios dentro de los entornos educativos, las instituciones académicas son lentas en su introducción (Daniel, 2017). Esta lentitud se incrementa en gran medida si nos fijamos en el caso de la educación primaria. Diversos meta-análisis recientes indican que los participantes de sus estudios analizados eran en su mayoría estudiantes universitarios (p.ej., Hunsu et al., 2016 y Liu et al., 2017). En concreto, en ambos estudios se muestra que casi el 90% de los trabajos de investigación analizados tuvieron lugar en aulas universitarias. Aunque la utilización de LA está adquiriendo una gran popularidad, siendo las tecnologías relacionadas con ARS como *clickers* las que más se emplean en las aulas (Chien et al., 2016; Fies y Marshall, 2006), relativamente pocos estudios han llevado a cabo investigaciones en la etapa de educación primaria. Según estos estudios, la introducción de tecnologías relacionadas con LA en los colegios se relaciona con dificultades diferentes a los de la universidad. Las principales preocupaciones de escuelas e institutos a la hora de emplear ARS suelen estar relacionadas con el soporte técnico, la falta de conocimiento del profesorado, el uso inapropiado de Internet si se utilizan sistemas basados en red o los problemas relacionados con que los alumnos traigan sus propios dispositivos (Liu et al., 2017, p. 606).

Por otro lado, algunos autores como Eynon (2013) advierten que la sobreutilización de estas tecnologías relacionadas con *big data* en la educación pueden generar una creencia falsa, según la cual la solución a todos los problemas que nos rodean está en esta tecnología, y que cualquier tipo de contenido puede ser impartido con ella, en lugar de encontrar formas de empoderar a los docentes en el perfeccionamiento específico de procesos educativos que realmente lo necesiten. No obstante, los resultados de los meta-análisis realizados por Chien et al., (2016); Hunsu et al., (2016) y Kay y LeSage (2009) coinciden en señalar que las LA ofrecen al docente la posibilidad de optimizar de manera efectiva secuencias de enseñanza individualizadas para cada estudiante. Hunsu et al. (2016) aboga por la utilización de técnicas de LA para ayudar a los estudiantes a superar conceptos erróneos profundamente arraigados y fomentar el cambio conceptual en el aprendizaje. A pesar de ello, Kay y LeSage (2009) consideran que aún debe determinarse si los ARS son más adecuados para contenidos más conceptuales o si se necesita un conjunto diferente de estrategias para las clases más pequeñas y los estudiantes más jóvenes. Entre sus conclusiones estos estudios reivindican la necesidad de nuevas investigaciones que ofrezcan metodologías diferentes que optimicen estas secuencias y hagan posible un aprendizaje individualizado para todo el alumnado.

LA en matemáticas

LA se ha introducido en la enseñanza en de todas las áreas educativas, pero Kay y LeSage (2009) detectan un mayor uso en

enseñanzas relacionadas con las matemáticas y ciencias. Esto puede ser debido a que diferentes investigaciones relacionados con el enfoque STEM (Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas) encuentran sinergias positivas dentro de los enfoques cuantitativos que acompañan las actividades relacionadas con LA (p.ej., Cline, Parker, Zullo, y Stewart, 2012; Faber, Luyten, y Visscher, 2017; Hollebrands, 2017; Riedel y Lynch, 2013 o Wang, Chung, y Yang, 2014), dado que el almacenamiento y análisis de las secuencias pedagógicas de forma masiva dentro de las sesiones pueden aportar a los docentes de estas asignaturas, la información que les es imposible recopilar, gestionar y optimizar de forma tradicional en el día a día de sus sesiones (Tempelaar, Rienties, y Giesbers, 2015).

Actualmente ya existen plataformas web como la de Khan Academy que permiten participar en cursos de matemáticas en línea en los que los estudiantes pueden ver vídeos, resolver ejercicios y gestionar su propio aprendizaje (del Blanco et al., 2013). Esta plataforma ya proporciona un módulo, y existen algunos módulos externos, que por medio de LA realiza un análisis del aprendizaje con visualizaciones de datos personales útiles. Todo ello, según Ruipérez-Valiente, Muñoz-Merino, Leony y Delgado Kloos (2015), permite bien al alumno auto-gestionar su propio aprendizaje pudiendo elegir repetir diferentes ejercicios siendo conocedor de sus déficits, pero también puede permitir al docente gestionar la clase en agrupaciones por sus necesidades de aprendizajes específicas.

Al analizar investigaciones sobre ARS relacionadas con las matemáticas encontramos gran variedad de estudios, aunque muy escasos en el ámbito de la educación primaria, como ya hemos comentado anteriormente. Un estudio llevado a cabo con 105 universitarios confirmó que la comprensión de conceptos matemáticos y el rendimiento académico mejoró notablemente tras la implementación efectiva de actividades recopiladas con ARS de los alumnos gracias a la retroalimentación que se podía proporcionar (Simelane y Skhosana, 2012). Otra investigación en la misma línea, con alumnos de secundaria, destacó que el uso de los *clickers* mejoraba el resultado del aprendizaje de elementos geométricos en el alumno y la participación en clase en matemáticas frente a la clase tradicional por medio de entornos de aprendizaje mucho más personalizados y participativos (Wang et al., 2014). Incluso en este estudio se destaca que alumnos con necesidades educativas especiales se beneficiaron del uso de los ARS para participar en las actividades de la clase y obtuvieron mejores puntuaciones en las pruebas ya que participaban más activamente en las clases y se les incluía en el desarrollo de las actividades. Por otro lado, van den Berg, Harskamp, y Suhre (2016) encuentran en las tecnologías ARS potenciales herramientas para la correcta evaluación de los alumnos ya que hacen posible ponderar las actividades atendiendo al contexto individual del alumno dentro del proceso de enseñanza-aprendizaje. Haeusler y Lozanovski (2010) destacan que la utilización de *clickers* como herramientas les permitió generar sesiones de ciencias y matemáticas en las que los alumnos universitarios se implicaron cognitivamente en mayor grado, lo que acarrió resultados mejores en comparación con la enseñanza tradicional.

ARS en educación

Según Han y Finkelstein (2013) el prototipo inicial del dispositivo *clicker* fue diseñado y producido por Carpenter (1950) en la Pennsylvania State University. Sin embargo, no fue hasta medio siglo después, a raíz de la publicación de Mazur (1997) cuando se produjo la rápida adopción e implementación de CAF en varias universidades en Europa y América del Norte de manera intensiva (Steinberg, 2010). Esto puede haber sido el resultado de la investigación del grupo Harvard Physics dirigido por Mazur (Crouch y Mazur, 2001; Fagen, Crouch, y Mazur, 2002), que subrayó consistentemente los beneficios de CAF en varios aspectos

tos del aprendizaje del estudiante. En concreto, se publicaron evidencias de descubrimientos relacionados con la mejora que producía CAF en la participación de los estudiantes y su relación con los contenidos impartidos en el aula y cómo esto impacta en el aprendizaje al ayudar a abordar conceptos erróneos importantes (Crouch y Mazur, 2001).

En contraste, uno de los problemas principales que detectan los estudios que utilizan *clickers* de forma regular es la cobertura del contenido. Gran cantidad de investigaciones indican que los profesores, y en ocasiones los estudiantes, creen que se utiliza menos contenido cuando se usa un ARS (p.ej., Beatty, Gerace, Leonard y Dufresne, 2006; Hatch, Jensen y Moore, 2005, o Horowitz, 2006). Sin embargo, en aquellas situaciones donde se abordan concepciones erróneas sobre un tema específico, aunque puede llevar más tiempo que simplemente presentar el material en un formato de clase magistral, las técnicas ARS pueden aportar beneficios que merece la pena ser estudiados (Caldwell, 2007; Kay y LeSage, 2009).

En líneas generales, los estudios que hablan del potencial que pueden aportar el uso de *clickers* en las aulas ofrecen una amplia diversidad de resultados beneficiosos. Así, las investigaciones que comparan los resultados de aprendizaje observados en las clases de *clickers* con los que se pueden obtener en el aula tradicional comenzaron ya a finales de la década de los 90 (p.ej., Copeland, Hewson, Stoller y Longworth, 1998), aunque es en la última década cuando se observa un incremento significativo en la aparición de los mismos (Hunsu et al., 2016). Estudios recientes afirman que este dispositivo es una herramienta efectiva para que el docente monitorice la comprensión de los estudiantes y detecte concepciones erróneas sobre la materia que se enseña (Caldwell, 2007). En la misma línea, otros autores afirman que las clases diseñadas con sistemas *clickers* fomentan la interacción cognitiva entre los estudiantes y su instructor (Kay y LeSage, 2009). Además, los objetivos de aprendizaje que requieren habilidades de razonamiento crítico y un mayor compromiso cognitivo mejoran notablemente con retroalimentación oportuna, la cual se puede originar en la recogida de información con *clickers* y un análisis constructivo por parte del docente (Zhao y Kuh, 2004). Autores como Blasco-Arcas, Buil, Hernández-Ortega y Sese (2013) afirman que la utilización de *clickers* en la clase facilita la comprensión de los conceptos mejorando los materiales de la clase y optimizando significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje ya que los docentes pueden ver individualmente qué estudiante entiende cada concepto, lo que les ayuda a identificar cualquier dificultad más fácilmente.

Dificultades en el aprendizaje de las fracciones

Tanto enseñar como aprender fracciones han sido tradicionalmente unas de las áreas que más problemas han causado a docentes y a alumnos (Charalambous y Pitta-Pantazi, 2007). La dificultad asociada al aprendizaje de fracciones en estudios elementales es un problema persistente y uno de los principales obstáculos para tener un éxito real en las matemáticas que los alumnos necesitarán en años posteriores. Las investigaciones sobre este problema han identificado varias áreas donde los estudiantes encuentran dificultades relacionadas con las fracciones (p.ej., Charalambous y Pitta-Pantazi, 2007; Kazemi y Rafiepour, 2018; Martin et al., 2015, o Zhang, Clements, y Ellerton, 2015). Así, algunas de las dificultades clásicas a la hora de trabajar con fracciones son: i) confundir la unidad con el todo; ii) entender que el numerador y el denominador son valores separados; iii) tener dificultades para ver numerador y el denominador como un valor único; iv) operar con fracciones con los algoritmos que se utilizan en los números enteros (Bassarear, 2008).

Según Bassarear (2008) las fracciones simplemente no se pueden enseñar directamente; sino que, más bien, una comprensión integral surge de ser consciente de la conexión y las relaciones sutiles entre varios conceptos y procedimientos. Por ello, el docente debe propiciar diferentes contextos en los que se visualicen un amplio abanico de situaciones con fracciones (Kazemi y Rafiepour, 2018). Así, a partir del uso de fracción como cociente, como medida, como razón o como operador, por medio de diferentes ejemplos, el alumno se va acercando al concepto de número racional y consecuentemente al de fracción (Lamon, 2006).

Objetivos

Esta investigación se ha marcado como objetivo el evaluar el impacto sobre el aprendizaje y la motivación de estudiantes de 5º de Primaria producido por una secuencia de enseñanza en las que al estudiante se le ofrece retroalimentación individualizada a partir de la utilización de las tecnologías ARS (*clickers*) y centrada en la adquisición de conceptos matemáticos, específicamente en la enseñanza de las fracciones.

La instrucción tomará en consideración los diferentes subconstructos asociados al significado de fracción, así como su relación con las operaciones y la resolución de problemas. En concreto se toma como referencia el marco propuesto por Post, Behr, Lesh y Harel (1993) (véase Figura 2).

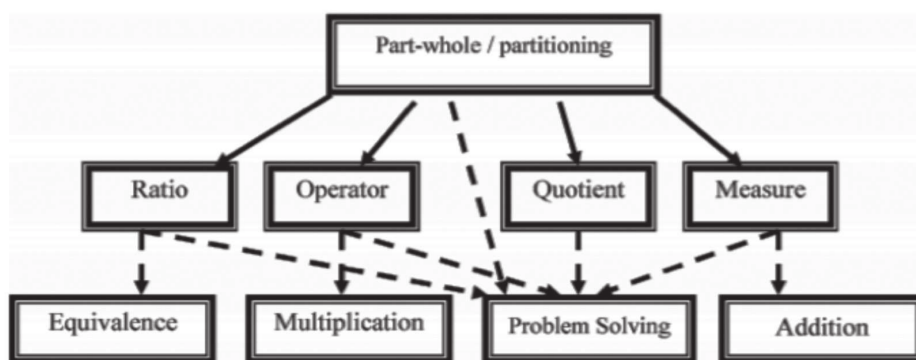


Figura 2. Esquema del modelo teórico del test adaptado de Post et al. (1993)

De este marco se opta por mantener los que para los autores se consideran los constructos fundamentales para la adquisición del concepto de fracción: i) parte-todo, ii) razón, iii) operador, iv) cociente y v) medida.

El estudio aspira a dar respuesta a las siguientes preguntas de investigación:

RQ1: ¿Tiene un efecto significativo en el aprendizaje de las fracciones de estudiantes de 5º de Primaria la utilización de secuencias de enseñanza personalizadas construidas a partir del uso de *clickers* en comparación con secuencias de enseñanza genéricas?

RQ2: ¿Influye en la motivación de alumnos de 5º curso de Primaria la utilización de secuencias de enseñanza personalizadas construidas a partir del uso de *clickers*?

Método

Participantes

Para llevar a cabo esta investigación se buscará obtener una muestra representativa de alumnos de 5º curso de educación primaria. Para mantener la validez ecológica del estudio se mantendrán los grupos completos de alumnos y diferentes clases representarán a los grupos de control y experimental. En principio, se estudiarán los grupos seleccionados con el objeto de identificar si existe alumnado categorizado como alumnos con necesidades educativas especiales o que posea un plan de

trabajo individualizado (PTI). No se incluirán en el estudio aquellos estudiantes con un desfase curricular en la materia de Matemáticas.

Procedimiento

Para abordar los objetivos del estudio se propone la realización de un estudio cuasiexperimental en el que se estructuran cuatro sesiones matemáticas (véase Figura 3) mediante el uso de *clickers*. Las sesiones matemáticas serán idénticas en ambos grupos y en ambos se utilizará *clickers* para trabajar diferentes problemas matemáticos relacionados con las fracciones.

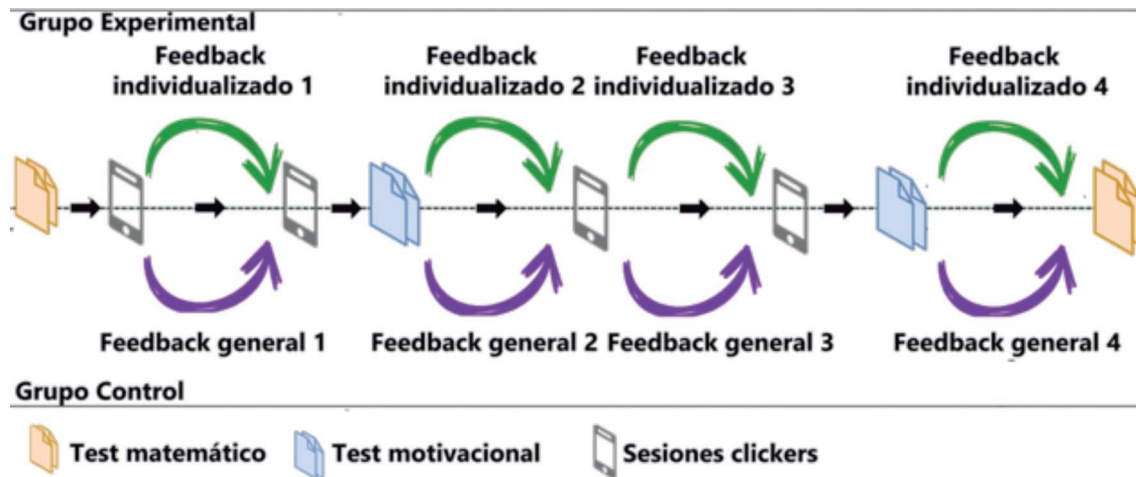


Figura 3. Planificación de sesiones

La diferencia entre ambos grupos vendrá dada por la retroalimentación diferenciada ofrecida a cada grupo. Tras cada una de las sesiones matemáticas se recogerán los datos obtenidos mediante *clickers* y se analizarán para la construcción de una retroalimentación específica, consistente en una serie de ejercicios específicos atendiendo a las actuaciones de cada estudiante. El grupo experimental recibirá una secuencia de cuatro ejercicios individualizada atendiendo a los errores que hubiera cometido durante la sesión de matemáticas con *clickers*. Mientras tanto, el grupo de control recibirá el mismo número de ejercicios, pero de forma generalista, sin la realización de una personalización. En consecuencia, todos los estudiantes del grupo de control recibirán los mismos ejercicios. La retroalimentación de ambos grupos se les ofrecerá al menos cuatro días antes de la siguiente sesión y será recogida para su posterior análisis, corrección y entrega al alumno al comienzo de la siguiente sesión. Esta corrección tam-

bién se le entregará al alumno para que detecte los errores que ha mantenido en la retroalimentación.

Test matemático

Para evaluar el aprendizaje matemático los estudiantes completarán dos test equivalentes antes del comienzo de la intervención y a su finalización (pre-test y post-test, respectivamente). Tal y como hemos comentado en el apartado anterior, el test matemático trata de evaluar la conceptualización de fracción. La Tabla 1 muestra del total de categorías utilizadas por Charalambous y Pitta-Pantazi (2007) en su investigación en la que se basa este formulario *ad hoc* (véase pre-test matemático en el Anexo 1). En esta tabla se muestra el número de actividades que se realizaron para cada una de las categorías, así como un ejemplo para cada una de ellas.

Tabla 1. Test matemático

Tipo de ejercicio	Nº de ejercicios	PRE	POST
Parte del todo	3	1,2,3	7,8,9
Razón	2	4,5	16,17
Operador	3	6,7,8	18,19,1
Cociente	3	9,10,11,	2,3,4,
Medida	4	12,13,14,15	5,6,10,11
Operaciones	1	18	14
Fracciones equivalentes	2	16,17	12,13.
Resolución de problemas	1	19	15

Test motivacional

Para mensurar la motivación a lo largo de las sesiones con *clickers* se utilizará el test de Keller por haber sido comprobada su funcionalidad y eficacia en diversos estudios motivacionales (Keller, 1987, 2008; Li y Keller, 2018). Concretamente se ha decidido usar una adaptación de una versión reducida del test de Keller (Loorbach, Peters, Karreman, y Steehouder, 2015) para desarrollar un cuestionario de tipo Likert. Este cuestionario (véase Figuras 4 y 5) cuenta con 12 afirmaciones en las que el encuestado debe seleccionar entre cinco opciones que van desde “Totalmente en desacuerdo” hasta a “Totalmente de acuerdo”. El instrumento se aplicará a la evaluación de dos situaciones: la motivación de la persona hacia la clase

de matemáticas con *clickers* y la motivación hacia la clase de matemáticas que normalmente reciben y en la que no utilizan *clickers*. El instrumento permite medir cuatro dimensiones diferentes de la motivación: 1) atención, 2) relevancia, 3) confianza y 4) satisfacción. Esto permitirá detectar sobre qué componentes afecta en mayor medida la utilización de *clickers* durante las sesiones.

Para realizar una medición apropiada de la influencia de *clickers* se tomarán dos mediciones de esta herramienta tras la segunda y la cuarta sesión. Se realizará la primera medición de la motivación de los alumnos tras haber finalizado dos sesiones, para que el alumno ya disponga de una opinión inicial y se realizará una segunda medición para detectar potenciales diferencias de motivación tras nuevas sesiones de *clickers*.

Queremos conocer tu opinión sobre la clase de MATEMÁTICAS que acabas de tener usando *clickers*. En el cuestionario hay 12 enunciados. Tienes que elegir para cada enunciado la opción que consideres que mejor describe tu experiencia, no la que te gustaría que fuese cierta o la que crees que a otras personas les gustaría escuchar. Fíjate que las opciones están al principio de la tabla en la primera fila.

Importante: Sólo puedes marcar una opción en cada pregunta.

		(1) Totalmente en desacuerdo	(2) Bastante en desacuerdo	(3) Ni de acuerdo ni desacuerdo	(4) Bastante de acuerdo	(5) Totalmente de acuerdo
A01	La calidad de las actividades con <i>clickers</i> me ayuda a mantener la atención.	1	2	3	4	5
A02	La forma de organizar la información usando estos materiales (<i>clickers</i>) me ayuda a mantener la atención	1	2	3	4	5
A03	La variedad de actividades ayuda a mantener mi atención en la clase	1	2	3	4	5
R04	Para mí es claro como esta clase está relacionada con cosas que ya sabía.	1	2	3	4	5
R05	Los contenidos y las actividades con <i>clickers</i> transmiten la impresión de que merece la pena conocer los contenidos de la lección	1	2	3	4	5
R06	El contenido de esta clase es útil para mí	1	2	3	4	5
C07	Mientras trabajo en esta clase con <i>clickers</i> , estoy seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
C08	Después de trabajar en esta clase, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	1	2	3	4	5
C09	La buena organización de la clase con <i>clickers</i> me ayuda a estar seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
S10	He disfrutado tanto en clase con <i>clickers</i> que me gustaría saber más sobre este tema.	1	2	3	4	5
S11	Me ha gustado esta clase (con <i>clickers</i>)	1	2	3	4	5
S12	Ha sido un placer trabajar en una clase tan bien diseñada (con <i>clickers</i>).	1	2	3	4	5

Figura 4. Test de motivación, primera parte.

Queremos conocer tu opinión sobre las clases de MATEMÁTICAS que normalmente das y en las que NO usas *clickers*. En el cuestionario hay 12 enunciados. Tienes que elegir para cada enunciado la opción que consideres que mejor describe tu experiencia, no la que te gustaría que fuese cierta o la que crees que a otras personas les gustaría escuchar. Fíjate que las opciones están al principio de la tabla en la primera fila.

Importante: Sólo puedes marcar una opción en cada pregunta.

		(1) Totalmente en desacuerdo	(2) Bastante en desacuerdo	(3) Ni de acuerdo ni desacuerdo	(4) Bastante de acuerdo	(5) Totalmente de acuerdo
A01	La calidad de las actividades me ayuda a mantener la atención.	1	2	3	4	5
A02	La forma de organizar la información me ayuda a mantener la atención	1	2	3	4	5
A03	La variedad de actividades ayuda a mantener mi atención en la clase	1	2	3	4	5
R04	Para mí es claro como las clases están relacionadas con cosas que ya sabía.	1	2	3	4	5
R05	Los contenidos y las actividades transmiten la impresión de que merece la pena conocer los contenidos de la lección.	1	2	3	4	5
R06	El contenido de las clases es útil para mí.	1	2	3	4	5
C07	Mientras trabajo en clase, estoy seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
C08	Después de trabajar en clase, me siento seguro de que sería capaz de aprobar un examen sobre el tema.	1	2	3	4	5
C09	La buena organización de las clases me ayuda a estar seguro de que voy a aprender los contenidos.	1	2	3	4	5
S10	Disfruto tanto en clase, que me gustaría saber más sobre los temas.	1	2	3	4	5
S11	Me gustan estas clases.	1	2	3	4	5
S12	Es un placer trabajar clases tan bien diseñadas.	1	2	3	4	5

Figura 5. Test de motivación segunda parte: clases de matemáticas.

Consideraciones finales

Los sistemas educativos actuales se ven obligados a atender necesidades complejas en contextos económicos difíciles (p.ej., elevado ratio alumnos por clase). Una manera habitual de atender a las diferentes necesidades del alumnado pasa por la personalización de los procesos de enseñanza-aprendizaje. En este sentido, diversas investigaciones apuntan a que las técnicas de LA ofrecen posibilidades a la hora de detectar y superar concepciones erróneas y de individualizar las secuencias de enseñanza. Atendiendo las reivindicaciones de diferentes autores como Hunsu et al. (2016), Kay y LeSage (2009) o Liu et al. (2017), quienes solicitan profundizar en la correcta utilización de LA dentro de los sistemas educativos, el presente estudio aspira a analizar la eventual efectividad de una retroalimentación individualizada en la enseñanza de las matemáticas.

Los resultados de este estudio podrían validar el diseño y la construcción de entornos tecnológicos dedicados a provisión de tareas y retroalimentación en esta línea. Esta nueva mirada educativa se debe basar en analizar las huellas digitales y algoritmos que detecten patrones en las actuaciones de los alumnos. Autores como del Blanco et al. (2013) ya comienzan a ver potencialidades en plataformas de enseñanza orientadas de esta forma y en un futuro se podría ofrecer sesiones de aprendizaje individualizado según el análisis del aprendizaje de los propios alumnos. En nuestro estudio hemos elegido utilizar *clickers* dada sus potenciales usos y beneficios que ya hemos comentado. No obstante, nos gustaría recalcar el uso meramente instrumental de esta herramienta, la cual hace posible de una manera ágil la recogida, el almacenamiento

y procesamiento de la información para su posterior análisis. De hecho, este estudio hace uso de *clickers* para analizar la efectividad de una propuesta que en el futuro podría ser implementada en diferentes entornos tecnológicos (p.ej., entornos de aprendizaje interactivos) que facilitarían el análisis automático de los datos recopilados. Con la aparición de nuevos elementos tecnológicos, estos podrían ser adaptados y cada vez más aplicaciones y más dispositivos nutrirán el ecosistema educativo, generarán más entradas de datos y permitirán registrar, medir y analizar más aspectos. Esto podría llevar el proceso de enseñanza-aprendizaje a un nuevo paradigma, que realmente rompa definitivamente con la enseñanza como la entendemos en el siglo XXI.


Referencias

- Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In *Learning Analytics: From Research to Practice* (pp. 61–75). New York, NY: Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7_4
- Bassarear, T. (2008). *Mathematics for elementary school teachers*. Brooks/Cole.
- Beatty, I. D., Gerace, W. J., Leonard, W. J., & Dufresne, R. J. (2006). Designing effective questions for classroom response system teaching. *American Journal of Physics*, 74(1), 31–39. <https://doi.org/10.1119/1.2121753>
- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G., y Ananthanarayanan, V. (2017). NMC horizon report: 2017 higher education edition (pp. 1-60). The New Media Consortium.




- Blasco-Arcas, L., Buil, I., Hernández-Ortega, B., & Sese, F. J. (2013). Using clickers in class. The role of interactivity, active collaborative learning and engagement in learning performance. *Computers & Education*, 62, 102–110. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2012.10.019>
- Caldwell, J. E. (2007). Clickers in the Large Classroom: Current Research and Best-Practice Tips. *CBE—Life Sciences Education*, 6(1), 9–20. <https://doi.org/10.1187/cbe.06-12-0205>
- Carpenter, C. R. & An, O. (1950, October). The Classroom Communicator (Rapid Mass Learning). Technical Report. Retrieved from <https://eric.ed.gov/?id=ED032755>
- Charalambous, C. Y., & Pitta-Pantazi, D. (2007). Drawing on a theoretical model to study students' understandings of fractions. *Educational Studies in Mathematics*, 64(3), 293–316. <https://doi.org/10.1007/s10649-006-9036-2>
- Chien, Y.-T., Chang, Y.-H., & Chang, C.-Y. (2016). Do we click in the right way? A meta-analytic review of clicker-integrated instruction. *Educational Research Review*, 17, 1–18. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2015.10.003>
- Cline, K., Parker, M., Zullo, H., & Stewart, A. (2012). Addressing Common Student Errors With Classroom Voting in Multivariable Calculus. *PRIMUS*, 23(1), 60–75. <https://doi.org/10.1080/10511970.2012.697098>
- Copeland, L. H., Hewson, M. G., Stoller, J. K., & Longworth, D. L. (1998). Making the continuing medical education lecture effective. *Journal of Continuing Education in the Health Professions*, 18(4), 227–234. <https://doi.org/10.1002/chp.1340180406>
- Crouch, C. H., & Mazur, E. (2001). Peer Instruction: Ten years of experience and results. *American Journal of Physics*, 69(9), 970–977. <https://doi.org/10.1119/1.1374249>
- Daniel, B. K. (2017). Big Data and data science: A critical review of issues for educational research. *British Journal of Educational Technology*. <https://doi.org/10.1111/bjet.12595>
- del Blanco, A., Serrano, A., Freire, M., Martínez-Ortiz, I., & Fernández-Manjon, B. (2013). E-Learning standards and learning analytics. Can data collection be improved by using standard data models? In *2013 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 1255–1261). IEEE. <https://doi.org/10.1109/EduCon.2013.6530268>
- Eynon, R. (2013). The rise of Big Data: what does it mean for education, technology, and media research? *Learning, Media and Technology*, 38(3), 237–240. <https://doi.org/10.1080/17439884.2013.771783>
- Faber, J. M., Luyten, H., & Visscher, A. J. (2017). The effects of a digital formative assessment tool on mathematics achievement and student motivation: Results of a randomized experiment. *Computers & Education*, 106, 83–96. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2016.12.001>
- Fagen, A. P., Crouch, C. H., & Mazur, E. (2002). Peer Instruction: Results from a Range of Classrooms. *The Physics Teacher*, 40(4), 206–209. <https://doi.org/10.1119/1.1474140>
- Fies, C., & Marshall, J. (2006). Classroom Response Systems: A Review of the Literature. *Journal of Science Education and Technology*, 15(1), 101–109. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-0360-1>
- Greer, J., & Mark, M. (2016). Evaluation Methods for Intelligent Tutoring Systems Revisited. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26(1), 387–392. <https://doi.org/10.1007/s40593-015-0043-2>
- Haeusler, C. E., & Lozanovski, C. (2010). Student perception of clicker technology in science and mathematics education. Retrieved from <https://eprints.usq.edu.au/18154/>
- Han, J. H., & Finkelstein, A. (2013). Understanding the effects of professors' pedagogical development with Clicker Assessment and Feedback technologies and the impact on students' engagement and learning in higher education. *Computers & Education*, 65, 64–76. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.02.002>
- Hatch, J., Jensen, M., & Moore, R. (2005). Manna from heaven or “clickers” from hell. *Journal of College Science Teaching*, 34(7), 36–42. Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/200337719?pq-origsite=gscholar>
- Hollebrands, K. (2017). A framework to guide the development of a Teaching Mathematics with Technology Massive Open Online Course. *North American Chapter of the Psychology of Mathematics Education*, 1. Retrieved from <https://par.nsf.gov/biblio/10057985>
- Horowitz, H. M. (2006). ARS Evolution. In *Audience Response Systems in Higher Education* (pp. 53–64). IGI Global. <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-947-2.ch004>
- Hunsu, N. J., Adesope, O., & Bayly, D. J. (2016). A meta-analysis of the effects of audience response systems (clicker-based technologies) on cognition and affect. *Computers & Education*, 94, 102–119. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2015.11.013>
- Kay, R. H., & LeSage, A. (2009, November 1). Examining the benefits and challenges of using audience response systems: A review of the literature. *Computers & Education*. Pergamon. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.05.001>
- Kazemi, F., & Rafiepour, A. (2018). Developing a Scale to Measure Content Knowledge and Pedagogy Content Knowledge of In-Service Elementary Teachers on Fractions. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 16(4), 737–757. <https://doi.org/10.1007/s10763-016-9792-0>
- Keller, J. M. (1987). Development and use of the ARCS model of instructional design. *Journal of Instructional Development*, 10(3), 2–10. <https://doi.org/10.1007/BF02905780>
- Keller, J. M. (2008). First principles of motivation to learn and e 3 -learning. *Distance Education*, 29(2), 175–185. <https://doi.org/10.1080/01587910802154970>
- Lamon, S. J. (2006). *More In-Depth Discussion of the Reasoning Activities in “Teaching Fractions and Ratios for Understanding.”* Routledge. Retrieved from <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=uhKT0rjy7AoC&oi=fnd&pg=PR3&dq=Lamon,+S.J.+Teaching+Fractions+and+Ratios+for+Understanding,&ots=zY2OSuOY8u&sig=CnBH8oAqkv8qTJIyaK1z1N-NOLc#v=onepage&q=Lamon%252C+S.J.+Teaching+Fractions+and+Ratios+for+Understanding%25>
- Larsson, J. A., & White, B. (2014). *Learning Analytics*. (J. A. Larsson & B. White, Eds.). New York, NY: Springer New York. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-3305-7>
- Li, K., & Keller, J. M. (2018). Use of the ARCS model in education: A literature review. *Computers & Education*, 122, 54–62. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.03.019>
- Liu, C., Chen, S., Chi, C., Chien, K.-P., Liu, Y., & Chou, T.-L. (2017). The Effects of Clickers With Different Teaching Strategies. *Journal of Educational Computing Research*, 55(5), 603–628. <https://doi.org/10.1177/0735633116674213>
- Lodge, J. M., & Corrin, L. (2017). What data and analytics can and do say about effective learning. *Npj Science of Learning*, 2(1), 5. <https://doi.org/10.1038/s41539-017-0006-5>
- Loorbach, N., Peters, O., Karreman, J., & Stehouder, M. (2015). Validation of the Instructional Materials Motivation Survey (IMMS) in a self-directed instructional setting aimed at working with technology. *British Journal of Educational Technology*, 46(1), 204–218. <https://doi.org/10.1111/bjet.12138>
- Martin, T., Petrick Smith, C., Forsgren, N., Aghababian, A., Janisiewicz, P., & Baker, S. (2015). Learning Fractions by Splitting: Using Learning Analytics to Illuminate the Development of Mathematical Understanding. *Journal of the Learning Sciences*, 24(4), 593–637. <https://doi.org/10.1080/10508406.2015.1078244>
- Mayer, R. E., Stull, A., DeLeeuw, K., Almeroth, K., Bimber, B., Chun, D., ... Zhang, H. (2009). Clickers in college classrooms: Fostering learning with questioning methods in large lecture classes. *Contemporary Educational Psychology*, 34(1), 51–57. <https://doi.org/10.1016/j.cedpsych.2008.04.002>

- Mazur, E. (1997). Peer instruction: Getting students to think in class. In *AIP Conference Proceedings* (Vol. 399, pp. 981–988). AIP. <https://doi.org/10.1063/1.53199>
- Mor, Y., Ferguson, R., & Wasson, B. (2015). Editorial: Learning design, teacher inquiry into student learning and learning analytics: A call for action. *British Journal of Educational Technology*, 46(2), 221–229. <https://doi.org/10.1111/bjet.12273>
- Papamitsiou, Z., & Economides, A. A. (2014). Learning Analytics and Educational Data Mining in Practice: A Systematic Literature Review of Empirical Evidence. *Journal of Educational Technology & Society*, 17(4), 49–64. <https://doi.org/10.2307/jeductechsoci.17.4.49>
- Post, M. J., Behr, T., Lesh, G., & Harel, R. (1993). Rational Numbers: Toward a Semantic Analysis - Emphasis on the Operator Construct. (T. Carpenter, E. Fennema, & T. Romberg, Eds.), *Rational numbers: An integration of research*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Riedel, E., & Lynch, L. A. (2013). The Effect of Clickers on Math Achievement in 11 th Grade Mathematics. Retrieved from <https://search.proquest.com/openview/41e856473983cac8996535665107402b/1?pq-origsite=gscholar&cbl=18750&diss=y>
- Romero, C., Ventura, S., & García, E. (2008). Data mining in course management systems: Moodle case study and tutorial. *Computers & Education*, 51(1), 368–384. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.05.016>
- Ruipérez-Valiente, J. A., Muñoz-Merino, P. J., Leony, D., & Delgado Kloos, C. (2015). ALAS-KA: A learning analytics extension for better understanding the learning process in the Khan Academy platform. *Computers in Human Behavior*, 47, 139–148. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.07.002>
- Siemens, G., & Baker, R. S. J. d. (2012). Learning analytics and educational data mining. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Learning Analytics and Knowledge - LAK '12* (p. 252). New York, New York, USA: ACM Press. <https://doi.org/10.1145/2330601.2330661>
- Simelane, S., & Skhosana, P. M. (2012). Impact of clicker technology in a mathematics course. *An International Journal*, 4(3). Retrieved from <https://search.proquest.com/docview/1955098248?pq-origsite=gscholar>
- Steinberg, J. (2010). More professors give out hand-held devices to monitor students and engage them. *The New York Times*, 15. Retrieved from <http://www.hadassah.org.il/media/1904189/moreprofessorgiveouthandhelddevicestomonitorstude.pdf>
- Tempelaar, D. T., Rienties, B., & Giesbers, B. (2015). In search for the most informative data for feedback generation: Learning analytics in a data-rich context. *Computers in Human Behavior*, 47, 157–167. <https://doi.org/10.1016/J.CHB.2014.05.038>
- van den Berg, M., Harskamp, E. G., & Suhre, C. J. M. (2016). Developing classroom formative assessment in dutch primary mathematics education. *Educational Studies*, 42(4), 305–322. <https://doi.org/10.1080/03055698.2016.1193475>
- Wang, Y., Chung, C.-J., & Yang, L. (2014). Using Clickers to Enhance Student Learning in Mathematics. *International Education Studies*, 7(10), 1. <https://doi.org/10.5539/ies.v7n10p1>
- Zhang, X., Clements, M. A. (Ken., & Ellerton, N. F. (2015). Conceptual mis(understandings) of fractions: From area models to multiple embodiments. *Mathematics Education Research Journal*, 27(2), 233–261. <https://doi.org/10.1007/s13394-014-0133-8>
- Zhao, C.-M., & Kuh, G. D. (2004). Adding Value: Learning Communities and Student Engagement. *Research in Higher Education*, 45(2), 115–138. <https://doi.org/10.1023/B:RIHE.0000015692.88534.de>

Anexo 1: Herramienta matemática

1. Si  representa los $\frac{2}{3}$ de un conjunto de canicas, dibuja el conjunto completo de canicas:

2. ¿Cuál de los siguientes corresponde a $\frac{2}{3}$?

(a)  (b)  (c) 

D) Toma un conjunto de objetos divídelo en tres partes iguales y toma dos objetos

3. Sombrea $\frac{1}{2}$ de este triángulo:

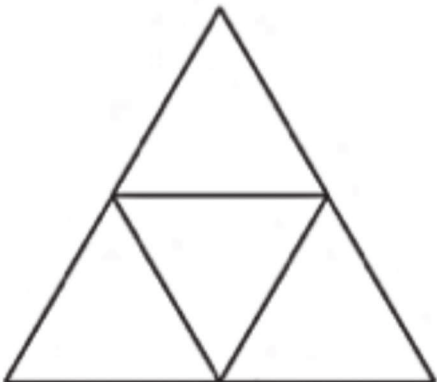




Figura 6. Primera página del test matemático.

4. José y María están preparando zumo de naranja para una fiesta. Abajo se muestran las dos recetas que están usando. ¿En cuál de los dos el zumo sabe más a naranja?

Receta de José: Dos tazas de zumo de naranja por cinco tazas de agua.
 Receta de María: Cuatro tazas de zumo de naranja por ocho tazas de agua.

5. ¿Quién come más pizza?

a) 

b) 

6. Sin realizar ninguna operación, decide si esta afirmación es correcta "Si dividimos un número entre cuatro y después multiplicamos su resultado por 3 nos dará el mismo resultado que si lo multiplicamos por $\frac{3}{4}$ ".

7. El siguiente diagrama representa una maquina cuya salida devuelve $\frac{2}{3}$ de la entrada. ¿Cuál será la salida, si su entrada es 12?

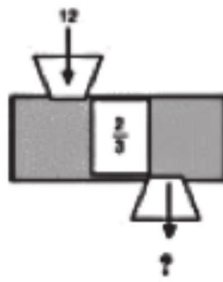


Figura 7. Segunda página del test matemático

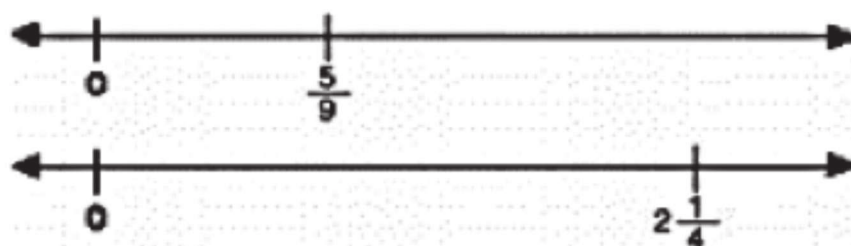
8. En la fiesta de cumpleaños de Andrea, $\frac{3}{4}$ de los niños no quisieron comer dulce. ¿Cuántos niños comieron dulces si había 8 niños?

9. Decide si la siguiente afirmación es correcta o no: " $\frac{2}{3}$ es igual al cociente de la división de dos dividido entre 3"

10. Tres pizzas van a ser divididas equitativamente entre cuatro niños. ¿Cuánta pizza comerá cada niño?

11. Tres pizzas van a ser divididas equitativamente entre algunos niños. Si cada niño recibe $\frac{3}{5}$ de pizza ¿Cuántos amigos están juntos?

12. Localiza el número uno en cada una de las siguientes líneas.



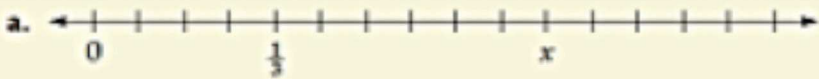
13. Escribe una fracción que aparezca entre el $\frac{1}{8}$ y el $\frac{1}{9}$.

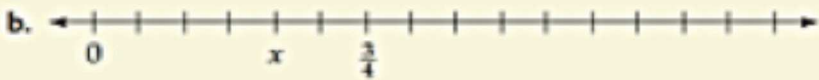
Figura 8. Tercera página del test matemático.

14. ¿Cuál de los siguientes elementos son números? Rodéalos.

A 4 * 1,7 16 0,006 $\frac{2}{5}$ 47,5 $\frac{3}{5}$ \$ $1\frac{4}{5}$

15. ¿Qué valor tiene X en cada una de las rectas?

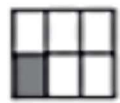

a. 

b. 

16. Encuentra el número perdido en cada caso:

(a) $\frac{2}{3} = \frac{?}{12}$, (b) $\frac{25}{40} = \frac{5}{?}$

17. Usa el diagrama de la derecha para representar una fracción equivalente a la representada a la izquierda:

18. Pedro llegó a casa después de la escuela un día y descubrió que su madre había dejado dinero para él y sus hermanas. Pedro cogió $\frac{1}{3}$ del dinero. Cuando su hermana María llegó a casa, cogió $\frac{1}{3}$ del dinero restante, y cuando Ana llegó a casa, recoge las $\frac{3}{4}$ del dinero que queda para los niños. Cuando su madre llegó a casa, había 5 euros. ¿Cuánto dinero coge cada niño? ¿y cuánto dinero había al principio?

19. Rafa sale a correr 4 días a la semana. Corre $1\frac{3}{4}$ kilómetros por la mañana y $1\frac{3}{8}$ kilómetros antes de dormir. ¿Cuántos kilómetros corre a la semana?

Figura 9. Cuarta página del test matemático.



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

MAGISTER

www.unioviado.es/reunido



MONOGRÁFICO: MATEMÁTICA, TECNOLOGÍA Y ENTORNOS DE ENSEÑANZA-APRENDIZAJE

Contribución de la robótica educativa en la adquisición de conocimientos de matemáticas en la Educación Primaria

Adrián Suárez Zapata^{1*} (Investigador), Daniel García Costa¹ (Investigador), Pedro A. Martínez Delgado¹ (Investigador) y Julio Martos Torres¹ (Prof. Titular)

¹Universitat de València, Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE-UV).

PALABRAS CLAVE

Pensamiento computacional
STEM
Robótica educativa
Entorno tecnológico
Didáctica matemática

KEYWORDS

Computational thinking
STEM
Educational robotics
Technological environment
Mathematical didactics

RESUMEN

Este trabajo tiene por objetivo utilizar una plataforma robótica educativa como herramienta de refuerzo en la adquisición de las competencias relacionadas con el pensamiento computacional y matemático en alumnos de Educación Primaria. Se entiende el pensamiento computacional como un conjunto de habilidades, entre las que se incluye el pensamiento algorítmico, mediante las que cualquier persona es capaz de resolver problemas. Los contenidos a desarrollar se abordarán empleando la estrategia pedagógica STEM, combinando las disciplinas de Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas en el proceso de aprendizaje. En este sentido, se propone la adaptación del entorno tecnológico para poder emplearlo en edades tempranas. Concretamente, se proponen varios enunciados relacionados con la resolución de problemas matemáticos enmarcados en el nivel de Educación Primaria y se va a realizar una adaptación de los bloques de programación necesarios para solucionarlos. Para ello, se crean diferentes bloques personalizados de programación, en los que el docente puede incluir comportamientos más complejos que serán transparentes para el alumno. Por consiguiente, el alumno podrá resolver un abanico mayor de problemas, eliminando la posibilidad de que el entorno de programación ofrezca limitaciones que se traduzcan en un aumento de la complejidad.

Contribution of educational robotics in the acquisition of mathematical knowledge in primary education

ABSTRACT

The aim of this research is the use of an educational robot as a tool of reinforcement in the acquisition of the competences related to the computational and mathematical thinking in students of Primary Education. Computational thinking is understood as a set of skills, including algorithmic thinking, through which any person is able to solve problems. The contents developed will be addressed using the STEM pedagogical strategy, combining the disciplines of Science, Technology, Engineering and Mathematics in the learning process. Thus, it is proposed to adapt the technological environment to be able to use it at an early age. Specifically, several activities related to the resolution of mathematical problems, focused on the level of Primary Education, are proposed, making an adaptation of the programming blocks to solve them. This is carried out through the creation of customized programming blocks, in which the teacher can include more complex behaviors that will be transparent for the student. Therefore, the student can solve a wider range of problems, excluding the complexity from the limitations of the programming environment.

Universitat de València

Autor de correspondencia: * Adrián Suárez Zapata. E-mail: Adrian.Suarez@uv.es. Escola Tècnica Superior d'Enginyeria (ETSE-UV), Universitat de València. Avinguda de la Universitat s/n 46100 Burjassot, València (SPAIN). +34 963 544 146.

Recibido el 01/06/2018- Aceptado el 07/09/2018

Revista de Formación del Profesorado e Investigación Educativa
Facultad de Formación del Profesorado y Educación
Universidad de Oviedo - Universidá d'Uviéu - University of Oviedo
Enero - Diciembre 2018
ISSN: 2340 - 4728

Introducción

El aprendizaje significativo mediante experimentación se considera una estrategia pedagógica muy importante y con un gran potencial para aumentar la motivación y participación de los estudiantes. Esto se debe a que los estudiantes suelen buscar una conexión entre el mundo tal y como lo conocen fuera del centro educativo y sus experiencias en el aula que los preparan para ese mundo real. El uso de escenarios de aprendizaje que incorporan experiencias de la vida real, junto con entornos tecnológicos y herramientas que ya son familiares para los estudiantes y los miembros de la comunidad, son ejemplos de enfoques que pueden aportar un aprendizaje significativo en el aula. Prácticas como éstas pueden ayudar a motivar a los estudiantes y a prepararlos para las habilidades y conocimientos que demandan las universidades y puestos de trabajo (Lombardi, 2007). Sin embargo, esta metodología de aprendizaje, especialmente aquella que trae experiencias de la vida real al aula, todavía es muy poco común en los centros educativos europeos (Johnson et al., 2014). En toda Europa, ha habido una marcada disminución en los estudiantes que cursan estudios de ciencias en la universidad, una tendencia que ya está creando una escasez de trabajadores cualificados para los sectores de ciencia y tecnología (Becker, Cummins, Davis, Freeman, Hall, y Ananthanarayanan, 2017; Vázquez-Alonso, Manassero-Mas y Taberner-Ferrer, 2013). Como respuesta a esta tendencia, hay un enfoque creciente en la necesidad de que los estudiantes experimenten y emulen en las aulas tareas relacionadas con las que podrían realizar en este tipo de profesiones. Un gran número de proyectos a nivel europeo se están llevando a cabo para fomentar este tipo de estrategias educativas en las aulas, entre ellos destacan SCIENTIX (Aguirre-Molina, y Gras-Velázquez, 2011), que cuenta con financiación del programa de I+D Horizonte 2020 de la Unión Europea para promover y respaldar la colaboración entre docentes, investigadores del ámbito de la enseñanza, legisladores y otros profesionales de la docencia; y ESTABLISH (*European Science and Technology in Action Building Links with Industry, Schools, and Home*) un proyecto financiado por la Unión Europea en el que legisladores y la comunidad educativa se unen para desarrollar experiencias de aprendizaje y programas de formación para docentes (McLoughlin, Finlayson, Brady y McCabe, 2014). Asimismo, otra estrategia de promoción del aprendizaje experimental es la organización de eventos internacionales como *Maker Faire* (Dougherty, 2012) donde estudiantes de todos los niveles se reúnen para mostrar sus proyectos relacionados con las Ciencias, las Matemáticas y la Tecnología.

En este sentido, durante los últimos años cada vez ha ido cobrando mayor importancia el concepto Educación STEM, que proviene de las palabras inglesas *Science, Technology, Engineering y Mathematics* o su equivalente en castellano CTIM, acrónimo de Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. Con materias STEM los estudiantes parten de la base de la resolución de un problema a través de la creación, construcción y desarrollo de objetos. Esta metodología es ampliamente empleada en el ámbito de la Ingeniería, y se basa en combinar recursos Matemáticos, Científicos y Tecnológicos. El concepto STEM tiene su origen en Estados Unidos durante la década de los años noventa con la publicación de informes de comisiones nacionales, organizaciones profesionales como la *National Science Teachers Association* (NSTA) y *National Council of Teachers of Mathematics* (NCTM) junto con investigadores y profesores universitarios en los que se solicitaban sistemáticamente modificaciones e innovaciones educativas en las materias que la *National Science Foundation* (NSF) denominó con el acrónimo SMET (*Science, Mathematics, Engineering, and Technology*). Sin embargo, en 2001, la NSF reordenó las palabras que formaban el acrónimo y lo denominaron STEM. A partir de entonces la Educación STEM cobró mayor importancia y tuvo influencia en los currículos educativos de Europa y otros países como India, China y Australia (Sanders, 2009).

La Educación STEM, además de tratar las materias implicadas, tiene como objetivo llevar a cabo un proceso de enseñanza-aprendizaje de manera integrada y no como áreas de conocimiento compartimentadas. Asimismo, debe emplearse un enfoque aplicado en cuanto al desarrollo de conocimientos teóricos para su posterior aplicación práctica, orientados siempre a la resolución de problemas. Esta metodología concibe la formación como “co-construcción” de conocimiento, y no como su transmisión y, además, fomenta el trabajo en colaboración entre iguales, ya que el trabajo en colaboración bien tutorizado ayuda a generar procesos de reflexión (Vygotsky, 1980). De la misma forma, otro de los enfoques de la Educación STEM es el de la integración de minorías étnicas (Museus, Palmer, Davis y Maramba, 2011) y el del acercamiento de la mujer hacia carreras profesionales de dicho ámbito (Rossi y Barajas, 2015; Milgram, 2011).

Por consiguiente, el objetivo de este trabajo es la descripción de una propuesta didáctica relacionada con el uso de la robótica educativa para favorecer la adquisición del pensamiento computacional en la Educación Primaria. En este sentido, se describe con detalle la propuesta y los elementos que la integran para poder ser implementada y modificada, ya que el uso de entornos tecnológicos cada vez está cobrando mayor importancia en el panorama educativo. En especial, en relación con las áreas propias del denominado movimiento STEM. En esta propuesta, se plantea un acercamiento al uso de la robótica educativa en el aula de primaria en relación, especialmente, con las matemáticas escolares. De este modo, se plantean dos ejemplos concretos, que se enlazan con las competencias descritas en el currículo oficial, mediante los que se muestra la posibilidad de adaptar una plataforma robótica educativa para poder trabajar contenidos relacionados con la Didáctica de las Matemáticas en la etapa de Educación Primaria.

STEM y Robótica Educativa

La Educación STEM implica la interacción entre las materias implicadas, y en este sentido, matemáticas es la materia que resulta más fácil vincular con el resto, puesto que muchos de los contenidos de Ciencias y Tecnología están basados en fórmulas y teoremas matemáticos (Rooney, 2012). Todas las disciplinas STEM ofrecen oportunidades para desarrollar una mentalidad y un conjunto de prácticas permanente. Entre estas prácticas se desarrollan las siguientes capacidades (Bybee, 2010; Stohlmann, Moore, y Roehrig, 2012): 1) Formular preguntas y diseñar soluciones, 2) Emplear modelos, 3) Diseñar prototipos, 4) Investigar, 5) Analizar e interpretar datos, 6) Usar el pensamiento computacional, 7) Generar un argumento a partir de la evidencia y 7) Evaluar y comunicar información. Esta contribución, como se ha indicado anteriormente, se va a centrar en diseñar propuestas de actividades concretas que hagan uso de la capacidad número seis de la enumeración anterior, es decir, en el empleo y desarrollo del pensamiento computacional o algorítmico.

La profesora Jeannette Wing recupera el concepto de pensamiento computacional, entendido como un acercamiento de algunos términos propios de la informática a otros ámbitos, como el de la educación. De este modo, define el concepto de pensamiento computacional como “resolver problemas, diseñar sistemas y comprender el comportamiento humano, basándose en los conceptos fundamentales de las ciencias de computación. El pensamiento computacional incluye una gama de herramientas mentales que reflejan la amplitud del campo de la computación.” (Wing, 2006, p.33).

Las habilidades empleadas en el pensamiento computacional pueden definirse como descomposición, generalización, pensamiento algorítmico, evaluación y abstracción. La abstracción es la habilidad para conceptualizar una idea. La descomposición es la habilidad empleada para simplificar un problema en partes más pequeñas y sencillas de resolver. La generalización es la

habilidad para reconocer patrones, es decir, para identificar las partes de una tarea que se han trabajado previamente. El pensamiento algorítmico es la habilidad para crear una serie ordenada de pasos con el propósito de resolver un problema. Por último, la evaluación es la habilidad empleada para verificar si un prototipo o solución funciona correctamente y, si no ocurre de esta forma, es también la habilidad para identificar qué parte debe mejorarse.

Algunas de estas habilidades pueden relacionarse con el dominio cognitivo de la taxonomía de Bloom (Anderson y Krathwohl, 2001; Bloom, 1956) de modo que el nivel de Conocimiento correspondería con los contenidos que se estén trabajando, el nivel de Comprensión a la habilidad de abstracción, el nivel de Aplicación a la habilidad de generalización, el nivel de Análisis a la habilidad de descomposición, el nivel de Síntesis a la habilidad de diseño algorítmico, y el nivel de Evaluación a la habilidad de evaluación (Selby, 2015; García-Peñalvo y Rojas-López, 2018).

Aunque en los últimos años se han creado numerosas herramientas para enseñar programación y se han desarrollado numerosas iniciativas en forma de talleres y cursos, existen muy pocos estudios relacionados con su incorporación efectiva en el currículo escolar, el impacto en docentes y estudiantes y sobre metodologías que permitan diseñar actividades educativas en las aulas. Existen investigaciones que exponen las ventajas que conlleva comenzar a integrar la alfabetización tecnológica en edades tempranas, especialmente a través de aquellas que soporten el aprendizaje basado en juegos, ya que involucran a los niños para que sean creadores y solucionadores de problemas (Bocconi et al., 2016; Bers, 2017; González-González, 2018). En este sentido, es posible encontrar numerosos estudios y publicaciones relacionados con este tipo de actividades en las que se potencia el uso del pensamiento computacional en edades tempranas a través de la programación de aplicaciones con bloques (Calao, Moreno-León, Correa y Robles, 2015; Sáez y Cózar, 2017) y mediante el empleo de robots educativos (Acuña Zúñiga, 2012; Alsina y Acosta, 2018; Diago y Arnau, 2017; Martínez, Olivencia, y Meneses, 2016).

La robótica educativa, además de posibilitar la creación de comportamientos y poder programarlos en el propio robot, posee otras ventajas al emplearla como herramienta docente debido a que facilita la adquisición de conocimientos de modo lúdico, basándose en el trabajo colaborativo, y del desarrollo del pensamiento lógico y computacional, integrando, además, el enfoque pedagógico STEM y el uso de la programación en bloques. De este modo, promueve el aprendizaje constructor dado que permite interiorizar y dar origen al aprendizaje por construcción a través de la experiencia de probar diferentes comportamientos programados en el robot.

A consecuencia de estos estudios, en esta contribución se ha realizado una tarea de adaptación de un entorno tecnológico, basado en un robot educativo, para que pueda ser empleado en edades tempranas. Concretamente, se proponen varios ejemplos en los que es posible plantear enunciados relacionados con la resolución de problemas matemáticos dirigidos a alumnos de Educación Primaria. Esto es posible gracias a las adaptaciones del entorno de programación del robot, ya que permite ajustar la dificultad de la resolución de los problemas planteados. De esta forma, se facilita la programación necesaria para resolver el problema dependiendo del curso académico al que se desee orientar la actividad.

Descripción del robot educativo

El robot educativo elegido para esta propuesta es el Mindstorms EV3 fabricado por la empresa LEGO, una actualización del primer modelo de la gama Mindstorms que salió al mercado en 1998. La elección de este entorno tecnológico educativo se fundamenta en el diseño de los kits de LEGO Mindstorms, cuyos

objetivos desde sus inicios son ofrecer un sistema sencillo para el usuario, pero que, a la vez, permita la construcción de diseños más sofisticados para ser adaptables a distintas edades y etapas educativas a través de la construcción libre de diferentes diseños, así como de diseños predefinidos por el mismo fabricante. (LEGO Group, 2016a).

Estos kits proporcionan todos los elementos necesarios para abordar problemas relacionados con el pensamiento computacional, así como el desarrollo de conceptos no necesariamente ligados al área tecnológica. Para el docente, son una herramienta complementaria que permite abordar temas complejos de manera relativamente sencilla y demostrar conceptos que sobre el papel pueden resultar más difíciles de ver o de entender por los alumnos.

La simplicidad de las partes del sistema permite un uso amigable de la herramienta y sus elementos pueden ser tratados por el usuario como cajas negras que recogen información, realizan ciertas acciones, haciendo siempre un gran énfasis en el aprendizaje de la programación y desarrollo del pensamiento algorítmico y computacional.

El robot

LEGO estructura sus kits en diferentes componentes para hacerlo lo más entendible y sencillo posible, pudiendo identificar en ellos las partes existentes en un cualquier sistema robótico:

1. El *brick* o bloque es el elemento que compone la unidad central del entorno tecnológico educativo. Es el encargado de interpretar y ejecutar las acciones que se programan en él a través del IDE (*Integrated Development Environment*). Cuenta con una gran potencia de cálculo y dispone de 4 puertos de entrada para la conexión de los sensores y de 4 puertos de salida para la conexión de los actuadores. Además, cuenta con un altavoz, pulsadores y una pantalla desde la que se pueden presentar informaciones, gráficos y animaciones, de forma que ambos dotan al robot de capacidad de comunicación y emotividad.
2. Los sensores son los elementos que permiten al robot educativo interpretar y leer el entorno; entre otros, dispone de sensor ultrasónico, sensor de color y luz, sensor táctil y sensor de giro. Estos son conectados a los puertos de entrada del *brick*.
3. Los actuadores son los elementos que permiten al robot interactuar con el entorno. Aparte del altavoz y de la pantalla integrados en el *brick*, dispone de dos motores grandes y de un motor pequeño, ambos con sensores de giro (*encoders*) integrados, que pueden utilizarse para medir la rotación del mismo. Estos se conectan al *brick* a través de los puertos de salida.
4. Las piezas de unión están compuestas por diferentes elementos, de diferentes formas y con diversas funcionalidades que permiten realizar montajes estructurales muy variados. Se dispone también, de piezas con funcionalidades mecánicas varias, por ejemplo, engranajes, poleas, ruedas e incluso cadena de oruga que en combinación con las piezas estructurales permiten crear montajes fijos y/o móviles (articulados) de manera muy sencilla.

Todos los elementos nombrados anteriormente son muy robustos, resistentes y duraderos y están fabricados pensando en su uso a edades tempranas. Además, estos elementos son "*plug and play*", es decir, es posible conectarlos, como muestra la Figura 1, mediante un cable con un conector especial y no necesitan ninguna configuración ni acción específica para su funcionamiento. De este modo, el usuario puede tratarlos como elementos que devuelven información o ejecutan acciones, abstrayendo así el funcionamiento del mismo y facilitando su uso en edades tempranas, en las que no es posible explicar el funcionamiento físico de estos dispositivos.

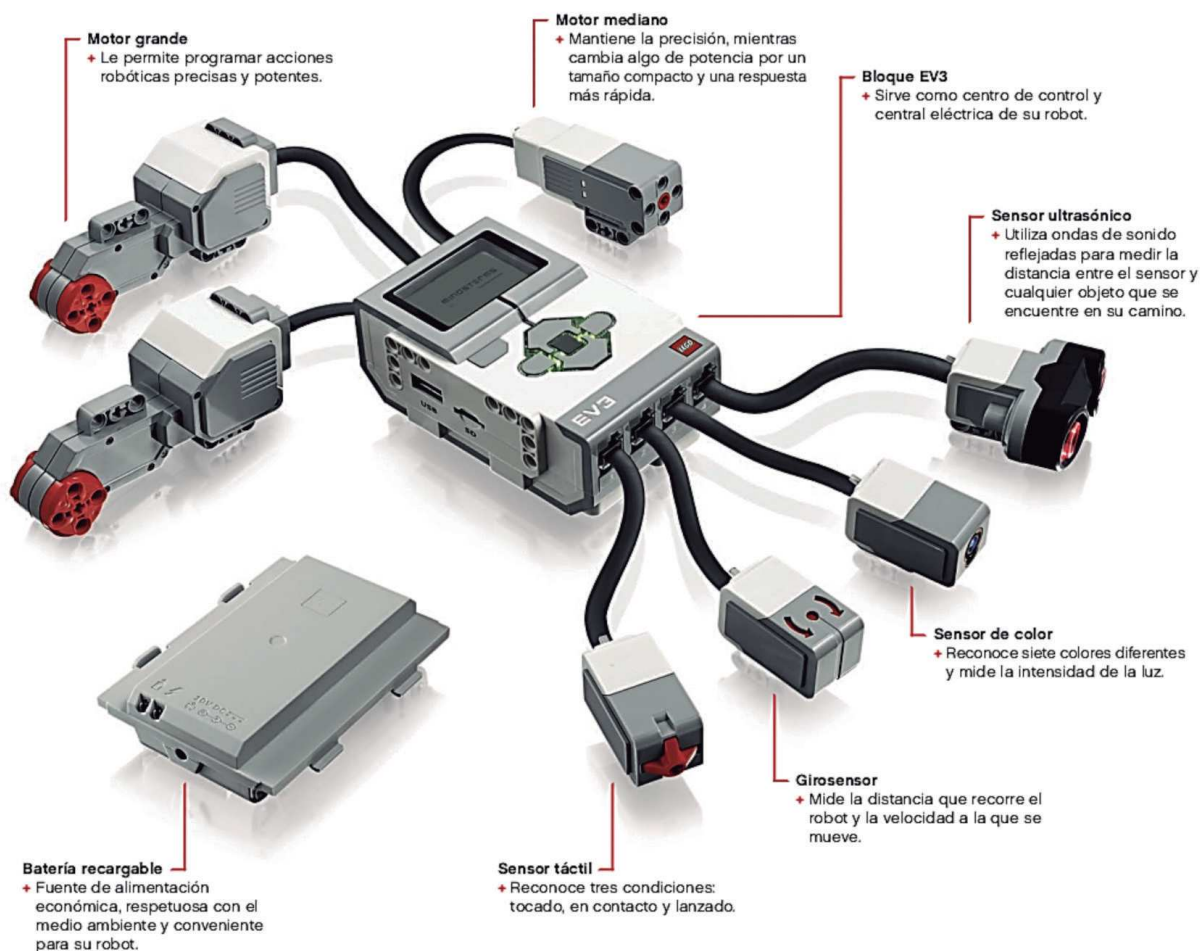


Figura 1. Sensores y actuadores que pueden conectarse al brick del robot EV3.

El IDE

El IDE es el software que permite programar el robot educativo mediante un lenguaje basado en bloques de acciones, muy intuitivos y sencillos de utilizar. Cada bloque define una funcionalidad

y/o acción, junto con unos parámetros de configuración característicos de dicha acción, la gran variedad de bloques disponibles y el alto grado de abstracción de los mismos, aporta una gran simplicidad a la tarea de programación. En la Figura 2 se muestra una captura del IDE que se emplea para programar la plataforma robótica EV3.

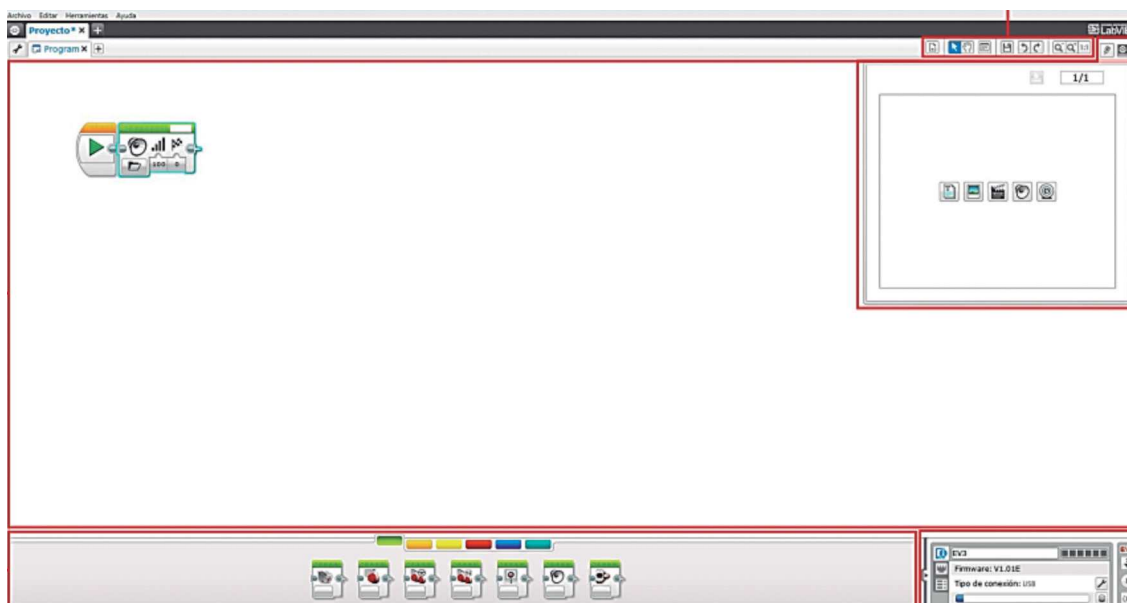


Figura 2. IDE de la plataforma robótica EV3.

El IDE divide los bloques en diferentes categorías según su funcionalidad, que pueden combinarse de manera secuencial e, incluso, para un uso en niveles más avanzados, combinarse creando diferentes flujos de acción (paralelizar tareas), alimentar la entrada de un bloque a través de la salida de otro o crear condiciones compuestas mediante la combinación de varias de éstas instrucciones. Así, tenemos:

- Bloques de control de flujo que proporcionan control sobre la forma en la que se ejecutan las diferentes acciones. Existen bloques de bucle, que permiten realizar una acción indefinidamente o mientras se cumpla una determinada condición, bloques condicionales, que verifican el cumplimiento de una determinada condición y bloques de espera, que bloquean el programa por un tiempo determinado o esperando a una acción determinada.
- Bloques de acción que proporcionan el control sobre los actuadores conectados al robot educativo. Se dispone de un bloque por cada actuador, con los parámetros específicos para configurar cada uno de ellos.
- Bloques de sensores, que permiten leer los sensores conectados al robot educativo, al igual que con los actuadores, se dispone de un bloque específico para cada sensor, con la configuración específica de cada uno de ellos.
- Bloques de datos que ofrecen la posibilidad de trabajar los conceptos más puramente algorítmicos, cuenta con definición de variables, constantes, operadores lógicos, operadores matemáticos y diferentes operaciones sobre números y cadenas de texto.
- Bloques avanzados que permiten acceder a las funcionalidades más avanzadas del entorno tecnológico educativo como, por ejemplo, acceso a archivos, registro de datos, envío de mensajes, conexión Bluetooth, leer valores en bruto de los sensores, etc.
- Por último, una alternativa muy interesante y de gran utilidad que ofrece este entorno son los bloques personalizados, estos permiten al docente la posibilidad de abstraer ciertas operaciones complejas en forma de un único bloque, pudiendo así crear un único bloque que contenga un conjunto de operaciones complejas para facilitar ciertas operaciones al alumno.

Además, el IDE integra un editor y gestor de contenidos que permite documentar el propósito, el contenido y el proceso de un proyecto, en el que se pueden incluir texto, imágenes, videos, sonidos e instrucciones de construcción utilizando los bloques del propio IDE. Esto proporciona al docente una manera simple de documentar y crear contenido didáctico para guiar a los alumnos en la realización de determinadas tareas.

El material didáctico facilitado por LEGO

Junto con el kit educativo, LEGO facilita una gran cantidad de material didáctico, con diferentes montajes, así como conjuntos de ejercicios orientados a diferentes áreas educativas. En este sentido, propone el montaje del "Robot Educador", un montaje bastante sencillo al que se le pueden conectar los diferentes sensores y actuadores en función del tipo de ejercicio a realizar. En la Figura 3 se muestra la estructura de esta propuesta de montaje.

Este mismo montaje es el que utilizaremos más adelante en los ejercicios que se proponen, ya que se trata de un montaje muy sencillo, pensado para edades tempranas y que permite explorar la capacidad de todos los sensores y actuadores que vienen en el kit. Esta configuración de robot cuenta con dos ruedas tractoras motorizadas en la parte delantera que permiten avanzar, retroceder y girar el robot y una rueda loca en la parte trasera que lo dota de estabilidad y le permite realizar giros bastante cerrados. También cuenta con un pequeño motor que permite mover una

palanca o brazo para realizar diversas acciones. En este montaje pueden ser conectados los sensores de distancia, color, pulsación y el sensor de giro, que le permiten reconocer el entorno.

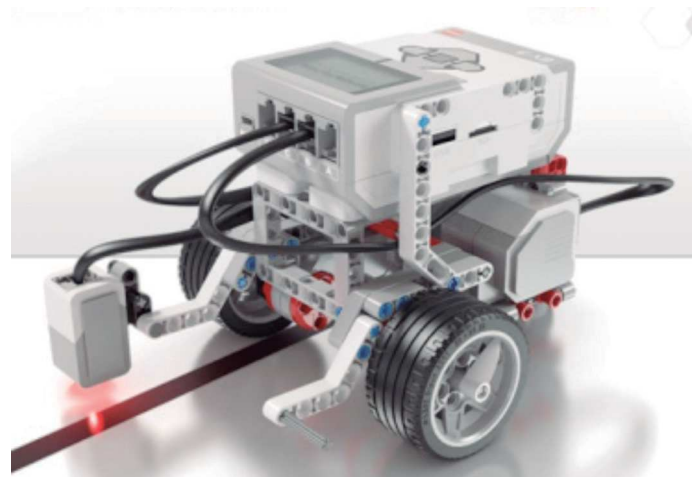


Figura 3. Estructura del Robot Educador.

Los ejercicios propuestos en la "guía del profesor" facilitada por LEGO son muy variados y están orientados a desarrollar el pensamiento computacional y algorítmico e iniciarse en el robot educativo y la programación del mismo. (LEGO Group, 2016b). Además, esta guía pone a disposición del docente un manual que explica cómo utilizar la herramienta de manera adecuada para cada una de las áreas educativas.

Concretamente en el ámbito de las matemáticas, ofrece una selección de tutoriales que incluyen, entre otros programar los siguientes desafíos: distribución al azar, definición de intervalos, ángulos y ángulos de giro, así como operaciones matemáticas básicas que pueden aplicarse a cálculos de velocidad, trigonometría, etc. Esta selección de ejercicios orientada al desarrollo de la competencia matemática, se encuentra mayoritariamente dirigida al último ciclo de Educación Primaria y a la etapa de Educación Secundaria, dado que la edad recomendada para el empleo de este entorno es de 10 a 16 años, haciendo así, que muchos docentes descarten este entorno como herramienta para Educación Primaria debido a su dificultad de programación.

Esta problemática puede solucionarse explotando correctamente la potencia del entorno de programación, pues éste cuenta con multitud de opciones que permiten trabajar con conceptos complejos de manera mucho más sencilla. Concretamente, el uso de los bloques personalizados permite crear una capa de abstracción sobre un conjunto de operaciones complejas y tratarlas como una única operación, de tal manera que pueda actuar como una caja negra, a la que entran ciertos parámetros y ésta produce una salida con el resultado esperado. Por consiguiente, el docente sería el encargado de realizar esta tarea de adaptación y abstracción de los ejercicios, en función del nivel al que se quiera orientar y de proporcionar a los alumnos estos nuevos bloques para que puedan programar el robot educativo de forma más intuitiva y sencilla.

Como ejemplo de empleo de este bloque podría tomarse el intentar determinar la distancia que recorre una rueda en un determinado número de rotaciones. De esta forma, se podría abstraer el cálculo de la longitud de la circunferencia a un único bloque que acepte como parámetro de entrada el radio de la rueda y devuelva como parámetro de salida la longitud de la circunferencia correspondiente a ese radio. Así pues, la creación de un bloque personalizado permite trabajar conceptos de distancia recorrida sin necesidad de que el alumno disponga de los conceptos necesarios para el cálculo de la longitud de una circunferencia, ya que una adaptación de los bloques permitiría introducir la distancia que debe avanzar el robot de forma directa sin necesidad de introducir número de rotaciones.

El grado de abstracción de las operaciones puede ser definido fácilmente por el docente, permitiendo así, adaptar de manera sencilla un mismo problema para diferentes edades o ciclos educativos, cambiando únicamente el grado de abstracción de los diferentes bloques personalizados que compongan el programa.

Metodología

La ley de educación vigente, Ley Orgánica 8/2013, de 9 de diciembre, para la mejora de la calidad educativa (LOMCE), establece los objetivos, competencias, contenidos y distribución horaria de las distintas materias. Matemáticas pertenece al grupo de asignaturas troncales, las cuales se imparten en todos cursos de la Educación Primaria. Los objetivos generales del área de matemáticas van focalizados “a desarrollar las competencias matemáticas e iniciarse en la resolución de problemas que requieran la realización de operaciones elementales de cálculo, conocimientos geométricos y estimaciones, así como ser capaces de aplicarlos a las situaciones de su vida cotidiana”. La ley estructura los contenidos en 5 grandes bloques: B1) Procesos, métodos y actitudes en matemáticas; B2) Números; B3) Medida; B4) Geometría y B5) Estadística y probabilidad.

Las matemáticas buscarán proveer al alumno de una alfabetización numérica que le capacite para enfrentar con éxito “situaciones en las que intervengan los números y sus relaciones, permitiendo obtener información efectiva, directamente o a través de la comparación, la estimación y el cálculo mental o escrito” (Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria, pp. 19386–19387.). Metodológicamente deberá estar basado en la experiencia, orientando los contenidos a la identificación y resolución de problemas. El eje principal lo constituirán los procesos de resolución de problemas, que utilizan y requieren de capacidades básicas: lectura comprensiva, reflexión, planificación de la resolución, definición de estrategias y procedimientos, revisión y modificación de procesos, validación de la solución, e incluso, adecuada comunicación de resultados.

Los ejemplos de actividades propuestas a realizar haciendo uso del robot que se presentan en esta contribución están relacionadas con los tres primeros bloques. En la Tabla 1 se resumen los contenidos a desarrollar en cada uno de los bloques anteriormente citados relevantes para el presente trabajo.

Tabla 1. Contenido a desarrollar en los diferentes bloques.

Bloque 1	Bloque 2	Bloque 3
Análisis y comprensión del enunciado	Números enteros, decimales y fracciones	Longitud, capacidad, masa, superficie y volumen
Estrategias y procedimientos: dibujos, tablas,...	Sistema decimal	Estrategias para medir figuras
Pequeñas investigaciones	Redondeo de números	Medidas de tiempo
Aproximación al método científico	Positivos y negativos	Medidas de ángulos
Uso de medios tecnológicos	Operaciones con naturales: +, -, x, /	Estimación de longitudes, superficies, volúmenes,...
Utilización de TIC	Producto como suma	Explicación oral y escrita de procesos realizados
	Tablas de multiplicar	
	Regla de 3	
	Comprobación de resultados	

Como puede observarse, los contenidos expuestos en la tabla anterior, se pueden trabajar de forma integral mediante ejercicios con una plataforma robótica como la descrita en el segundo apartado. Además, permite preservar la orientación y metodología que se propone en la LOMCE. Así, el bloque 1 será la “columna vertebral” que estructura el resto de bloques, pues es fundamentalmente metodológico, mientras que los contenidos de los bloques 2 y 3, constituirán los “problemas a resolver”.

Los ejercicios o proyectos a desarrollar con la plataforma robótica, además de motivadores y de incentivar la implicación y participación del alumno en las tareas de clase, van a dar satisfacción al contexto de trabajo que propone la LOMCE: experiencia-experimentación, reflexión, planificación, verificación, comunicación de resultados, etc., si la presentación de las actividades se realiza con formato de problema abierto a resolver, con concreción numérica de los objetivos a alcanzar: distancias recorridas, número de acciones de movimiento a realizar, cuantificación de la respuesta de los sensores...

En las propuestas de actividades STEM que se describen en el apartado siguiente, se pueden identificar todos estos aspectos, adaptados a los alumnos de Educación Primaria.

Adaptación del entorno tecnológico educativo

En esta sección se van a proponer dos actividades, a modo de ejemplo, para poder mostrar una posible adaptación del entorno tecnológico educativo, con el objetivo de eliminar las barreras que los bloques predefinidos por la propia herramienta pueden presentar en el momento de llevar a cabo la programación del robot educativo.

Actividad 1

El enunciado de forma simplificada de la primera actividad propuesta sería el siguiente: “Consigue que el robot avance en línea recta una distancia de 50 cm”. En la Figura 4 se muestra una representación del ejercicio propuesto, obtenido de la guía que proporciona el entorno de programación del mismo.



Figura 4. Representación del enunciado de la Actividad 1.

Aunque parece una tarea sencilla, la complejidad de este enunciado radica en que los bloques para programar un movimiento del robot no permiten introducir centímetros, sino grados de giro, rotaciones completas o parciales o segundos, como muestra la Figura 5. Por tanto, es necesario medir el diámetro de la rueda del robot y calcular el perímetro de dicha circunferencia para conocer los centímetros que se desplaza el robot en línea recta cuando las ruedas realizan una rotación.

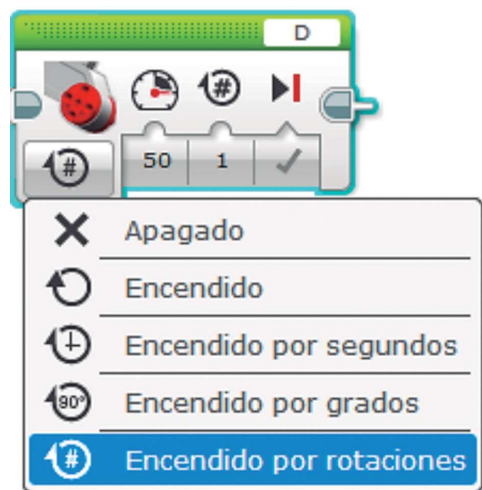


Figura 5. Bloque para programar un movimiento del robot.

Para encontrar la solución óptima a la actividad propuesta los alumnos emplearán las habilidades del pensamiento computacional durante el proceso de resolución del problema planteado, como muestra el diagrama de la Figura 6.

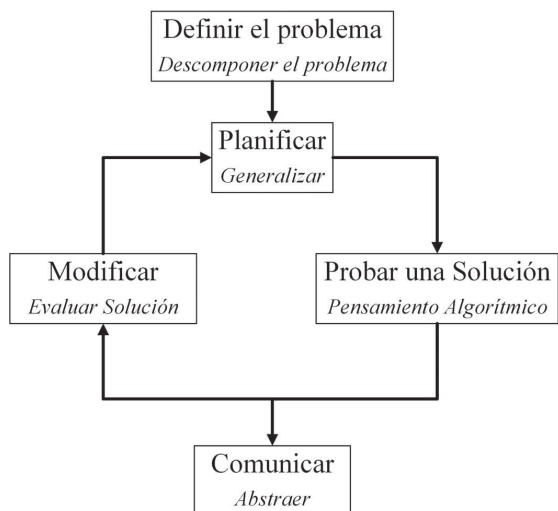


Figura 6. Esquema sobre los pasos para conseguir la resolución del problema.

De este modo, una vez planteado el problema, en primer lugar, se descompone en partes más pequeñas:

- Medir rueda: es necesario medir la rueda para el cálculo del desplazamiento lineal del robot respecto al número de rotaciones de las ruedas.
- Operaciones matemáticas: se necesitan realizar diferentes cálculos para determinar el número de rotaciones que debe realizar el motor para conseguir la distancia de 50 cm para introducirlas en el bloque de movimiento del programa.
- Programar: Crear un código para que el robot realice el comportamiento especificado.
- Mover el robot 50 cm: Saber representar 50 cm, para verificar si el robot ha avanzado la distancia deseada.

El siguiente paso se corresponde con la organización y planificación de las partes obtenidas a partir de la descomposición, de modo que se debe pensar en la secuencia de funcionamiento del robot, que puede ser representada como se muestra en la Figura 7. Si el trabajo se realiza en grupos, se podría asignar la resolución de cada una de estas tareas específicas a cada uno de los miembros para fomentar el trabajo colaborativo.

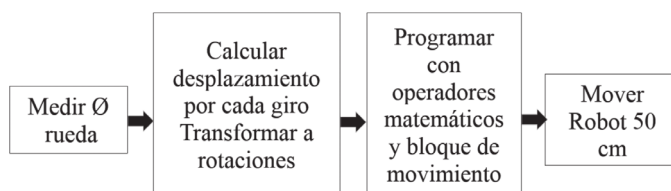


Figura 7. Planificación de las tareas a realizar.

Seguidamente, el alumno debe emplear el pensamiento algorítmico y llevar a cabo las operaciones matemáticas necesarias para resolver el problema. A continuación, deberá traducir las subtareas en el código de bloques que debe programar en el robot. Por tanto, deberá de haber recibido algunas lecciones sobre los bloques que posee el entorno de programación del robot, para poder traducir las subtareas en bloques o combinación de bloques. En la Figura 8 se muestran los pasos y cálculos a desarrollar para conseguir resolver el problema.

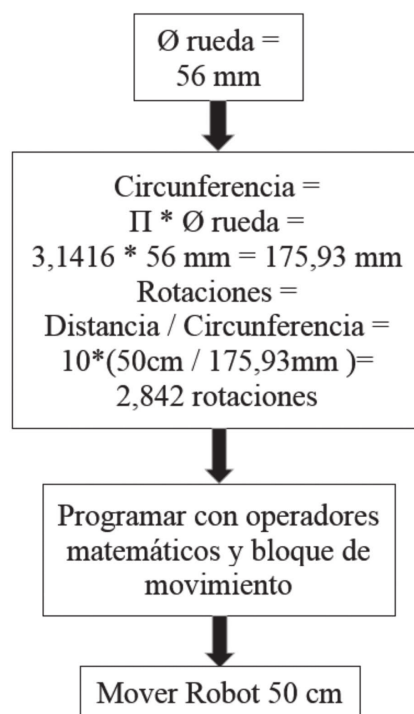


Figura 8. Planificación de las tareas a realizar, aplicando el pensamiento algorítmico.

Si se posee un dominio avanzado de la herramienta y los conocimientos necesarios para llevar a cabo dichas operaciones matemáticas, el programa resultante a realizar para que el robot avance 50 cm se resolvería con los bloques que se muestran en la Figura 9. En este programa se ha incluido un bloque que realiza el producto para obtener la circunferencia de la rueda, que corresponde con la distancia que el robot avanza de forma lineal con cada rotación completa. A continuación, se ha dividido la distancia total a recorrer (50 cm) entre el valor del perímetro de la circunferencia de la rueda, y éste es el que se ha introducido en el bloque de movimiento del robot para que avance hacia delante con una potencia de 50. El último bloque indica que, una vez se hayan avanzado los 50 cm o 2,842 rotaciones, el robot se parará.

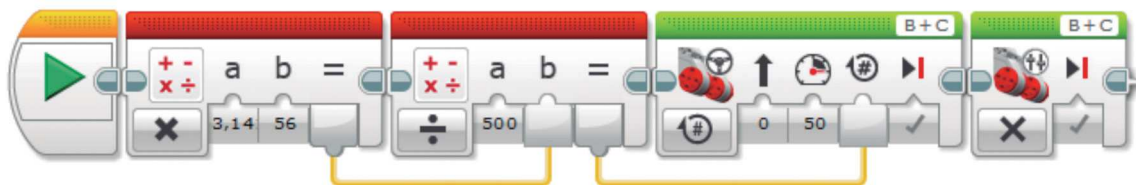


Figura 9. Resolución de la Actividad 1 empleando bloques de programación predefinidos.

Como se puede apreciar el algoritmo necesita de habilidades matemáticas que en los niveles iniciales de primaria todavía no se han adquirido. Para estos niveles el docente podrá crear bloques propios, los cuales podrán ser utilizados por los alumnos de modo que se puede adaptar la complejidad de la actividad propuesta al nivel del alumnado.

Por lo tanto, este entorno tecnológico educativo es fácilmente adaptable al nivel del curso o de la clase, además de permitir afianzar aspectos específicos de una problemática, omitiendo otros que no se consideren tratar en ese momento. La Figura 10 muestra la programación de un bloque propio en el que se programa un algoritmo para que los alumnos puedan introducir directamente la distancia que desean que avance el robot de forma lineal en centímetros.

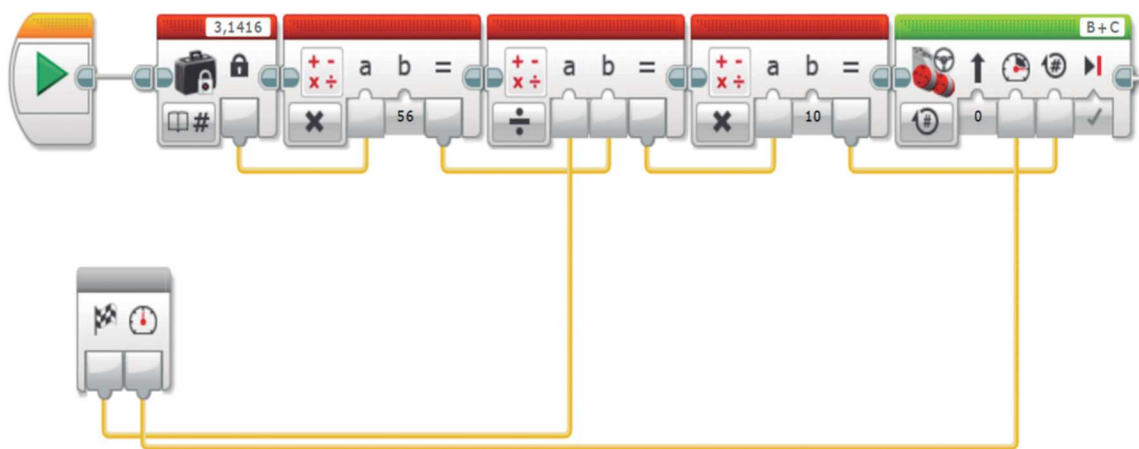


Figura 10. Diseño de un bloque propio que acepte el parámetro de entrada centímetros para realizar el movimiento del robot.

Este bloque propio diseñado por el docente es capaz de leer los centímetros que se le introducen para realizar el desplazamiento del robot y realizar una conversión a rotaciones, ya que es un parámetro necesario para la utilización del bloque movimiento predefinido que proporciona el entorno de programación de LEGO.

Una vez definida la funcionalidad del bloque propio diseñado, se le asigna un icono o bloque que los alumnos podrán encontrar justo con los bloques predefinidos por el entorno de programación. La estética de este icono es totalmente definible, desde los iconos de los parámetros de entrada, hasta

la imagen principal del bloque. En la Figura 11, se muestra el bloque propio creado anteriormente al que se le ha denominado como "Mover_cm". Como se puede observar, el programa queda muy simplificado ya que el bloque proporcionado está preparado para introducirle tanto la distancia como la potencia con la que se quiera ejecutar el movimiento. El conjunto de tres bloques mostrado es equivalente al mostrado en la Figura 9, sin embargo, en este caso, las operaciones han sido integradas dentro del bloque propio creado denominado "Mover_cm". El último bloque se encarga de apagar los motores una vez alcanzada la distancia deseada.

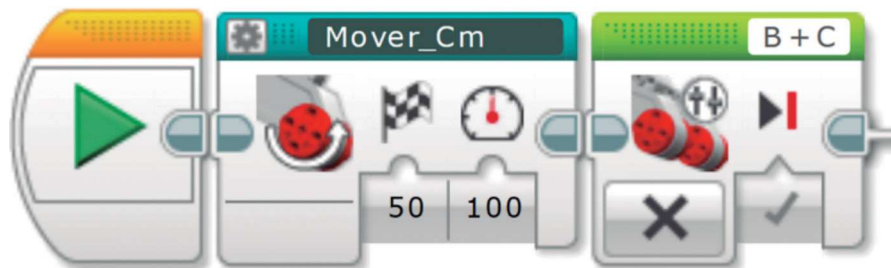


Figura 11. Programación de la Actividad 1 empleando el bloque propio diseñado.

Por consiguiente, el entorno tecnológico proporciona una herramienta que permite adaptar las actividades propuestas a los distintos niveles del alumnado y, además, orientar la dificultad de una misma actividad hacia distintos puntos de enfoque y pro-

blemas a estudiar. Por tanto, el docente decide qué bloques introduce dentro del bloque propio y qué bloques debe emplear el alumno para resolver la actividad.

Actividad 2

En esta actividad se propone como enunciado “Consigue que el robot actúe como una calculadora y realice la suma de dos números enteros introducidos mediante la rotación de las ruedas mostrando por pantalla el resultado de la operación”. El alumno, por tanto, moverá en primer lugar la rueda izquierda del robot para introducir el primer valor de la operación y, a continuación, pulsará el sensor de contacto. Seguidamente, girará la rueda de la derecha tantas veces desee y pulsará de nuevo el sensor de contacto para introducir el valor del segundo valor de la suma. Por último, aparecerá en la pantalla del robot la palabra “Resultado” y el valor de la suma de los dos valores introducidos mediante el giro de ambas ruedas. La pantalla final se muestra en la Figura 12.



Figura 12. Pantalla del robot mostrando el resultado de la suma al realizar 2 vueltas con la rueda izquierda y 3 vueltas con la derecha.

La dificultad de esta actividad radica en la conversión de vueltas en un número que aparezca por pantalla. Para la representación por pantalla se necesita posicionar el texto en un eje de coordenadas sobre XY, además se necesita convertir el número de rotaciones de cada rueda a números enteros, ya que el sensor de giro (*encoder*) que incorpora el motor del robot proporciona números decimales.

Para encontrar la solución óptima a la actividad propuesta se utilizan las habilidades del pensamiento computacional, siguiendo el mismo esquema planteado en la actividad anterior (Figura 6).

Por tanto, una vez planteado el problema se descompone en partes más pequeñas o subtareas:

- Contar número de rotaciones de la rueda: leer el sensor de giro que incluye cada motor para conocer cuántos giros enteros ha dado la rueda.
- Operaciones matemáticas: transformar el valor decimal proporcionado por el sensor en valores numéricos enteros y realizar cálculos de suma.
- Programar: Crear un código para que el robot realice el comportamiento especificado.
- Representar el resultado de la operación: mostrar en la pantalla del robot el valor numérico obtenido de la suma realizada.

El siguiente paso se corresponde con la organización y planificación de las partes obtenidas a partir de la descomposición, de modo que se debe pensar en la secuencia de funcionamiento del robot, que puede ser representada como se muestra en la Figura 13.

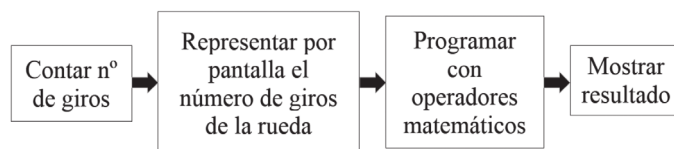


Figura 13. Planificación de las tareas a realizar.

A continuación, deberán traducirse las subtareas en el código de bloques que se debe programar en el robot. En la Figura 14 se muestran los pasos y cálculos a desarrollar para conseguir resolver el problema.

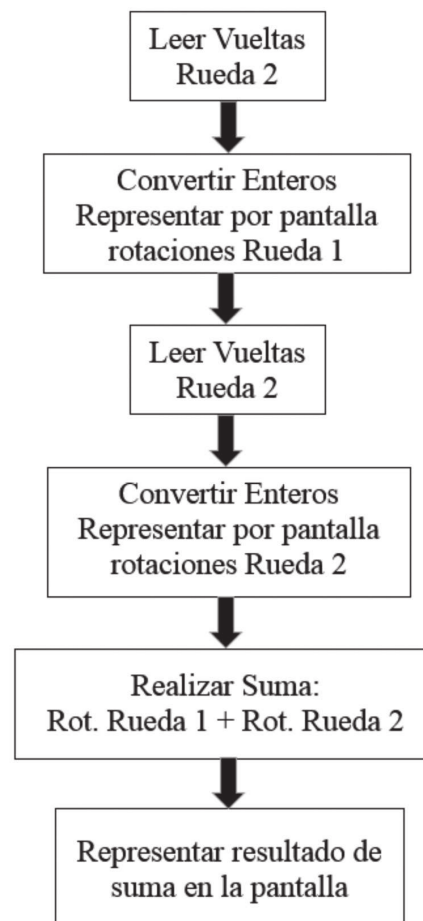


Figura 14. Planificación de las tareas a realizar, aplicando el pensamiento algorítmico.

Como se puede apreciar, el diagrama de la actividad 2 tiene la misma problemática que la actividad 1, se requiere de habilidades matemáticas que el alumnado no posee en los niveles iniciales de Educación Primaria. Por lo tanto, se puede proceder de nuevo a realizar una adaptación, es decir, crear un bloque propio en el que se integren las partes más complejas de la resolución, para ajustar el nivel de exigencia al del alumnado al que se quiere dirigir. En la Figura 15 se muestran los bloques correspondientes a la lectura del sensor de giro del motor, para realizar la cuenta de rotaciones completas de cada rueda mediante truncamiento, convertir dicho valor a un número entero y representarlo por la pantalla del robot. Este bloque propio posee como parámetros de entrada, el número del motor que se desea leer y una variable que indica cuando se ha pulsado el sensor de contacto para detener la cuenta de giros completos de rueda. El parámetro de salida que posee corresponde con el valor entero de rotaciones completas que se han realizado de la rueda.

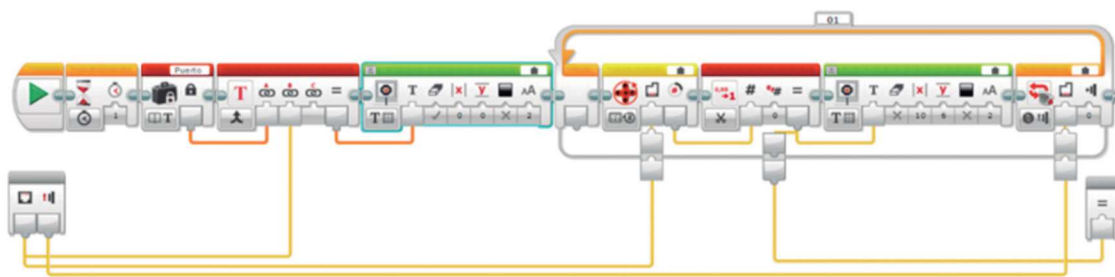


Figura 15. Diseño de un bloque propio que proporcione el número de veces que se ha girado una de las ruedas del robot de forma completa.

En este caso, los bloques introducidos dentro del bloque propio descrito anteriormente, están representados por el bloque denominado "Cuenta_Vueltas_Enteras". En la Figura 16 se muestra la resolución de la actividad 2, mediante el empleo del bloque propio diseñado. Como puede observarse, se ha incluido dos veces en el código, para realizar la lectura de la rueda izquierda y, a continuación, de la rueda derecha. Las vueltas completas determinadas por cada bloque se obtienen

en sus parámetros de salida que han sido conectados a un bloque de operación matemática suma. El resultado del bloque suma proporciona el número de giros completos realizados por las dos ruedas, y este valor se introduce en el bloque de representación por pantalla. Además, se ha incluido un bloque de detección de pulsación del sensor de contacto, para borrar los valores de la pantalla, emitir un sonido de aviso y finalizar el programa.

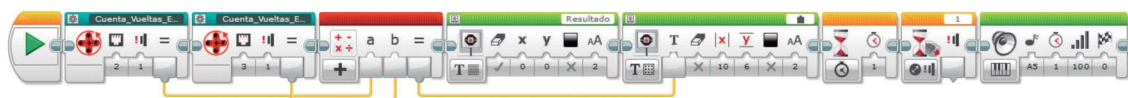


Figura 16. Programación de la Actividad 2 empleando el bloque propio diseñado.

Conclusiones

Los ejemplos de actividades propuestas permiten trabajar el desarrollo de habilidades matemáticas y del pensamiento computacional mediante la programación de comportamientos en el robot educativo. A fin de que el proceso de resolución de las actividades pueda llevarse a cabo por alumnos de Educación Primaria, se han mostrado varios ejemplos de adaptación del entorno de programación con el objetivo de ajustar la complejidad.

Esta adaptación ha consistido en la creación de bloques de programación propios que integren algunas funcionalidades que pueden resultar complicadas de comprender para los alumnos. De este modo, el docente puede actuar como facilitador del aprendizaje mediante la creación de diferentes bloques propios que permitan a sus estudiantes resolver diferentes tipos de problemas matemáticos sin que el entorno tecnológico educativo empleado se convierta en una barrera de aprendizaje.

Por lo tanto, desde la concepción de Educación STEM, cobra sentido el uso de la robótica en el ámbito educativo, ya que ésta favorece el aprendizaje por descubrimiento, ofreciendo la posibilidad de reforzar los conceptos teóricos mediante la experimentación. Aunque lo más importante acerca de las características de estos entornos tecnológicos son las propuestas de actividades que los docentes pueden plantear en el aula haciendo uso de la tecnología. Asimismo, en estos contextos de aprendizaje mediante el empleo de plataformas robóticas educativas, se espera que los estudiantes estén más motivados para participar en el proceso de aprendizaje, al tratarse de actividades más interactivas, flexibles, dinámicas, versátiles y en las que el discente puede experimentar y visualizar los resultados que ha calculado.

En relación con la resolución de tareas, se puede establecer un paralelismo entre los pasos a seguir en la resolución de una tarea con el robot educativo empleado y los pasos clásicos de resolución de problemas descritos por Polya (1945): 1) Comprender el problema; 2) Concebir un plan; 3) Ejecutar el plan; y 4) Examinar la solución obtenida. Además, las actividades planteadas a modo de ejemplo, fomentan el estudio de la resolución de problemas como contenido, además de como metodología. En este sentido, las actividades basadas en entornos tecnológicos como el robot

educativo EV3 fomentan la aparición de elementos propios de la resolución de problemas como, por ejemplo, la división de un problema en partes o la reformulación, estudiados ampliamente en el área de la didáctica de la matemática (Puig, 1996; Schoenfeld, 1985, 1992).

Una vez conocidas las limitaciones del entorno tecnológico y las posibilidades que éste posee para adaptarlo y ser aplicado en el área de la didáctica de las matemáticas, se pretende llevar a cabo la puesta en práctica de la propuesta didáctica con el objetivo de evaluar el grado en el que los conocimientos y la calidad de los mismos son adquiridos.

Referencias

- Acuña, A. (2012). Diseño y administración de proyectos de robótica educativa: lecciones aprendidas. *Teoría de la Educación. Educación y Cultura en la Sociedad de la Información*, 13(3), 6–27.
- Aguirre-Molina, D. y Gras-Velázquez, Á. (2011). Scientix, the community for science education in Europe. En *EDULEARN11 Proceedings* (pp. 4763–4768). Barcelona: IATED.
- Anderson, L. W. y Krathwohl, D. R. (2001). *A taxonomy for learning teaching and assessing: a revision of Bloom's taxonomy of educational objectives*. New York: Longman.
- Alsina, Á. y Acosta, Y. (2018). Iniciación al álgebra en Educación Infantil a través del pensamiento computacional: una experiencia sobre patrones con robots educativos programables. *Unión: revista iberoamericana de educación matemática*, 52, 218–235.
- Becker, S. A., Cummins, M., Davis, A., Freeman, A., Hall, C. G. y Ananthanarayanan, V. (2017). *NMC horizon report: 2017 higher education edition*. Texas: The New Media Consortium.
- Bers, M. U. (2017). *Coding as a playground: Programming and computational thinking in the early childhood classroom*. New York: Routledge.
- Bloom, B. S. (Ed.). (1956). *Taxonomy of educational objectives, handbook 1: Cognitive domain*. New York: David McKay.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P. y Punie, Y. (2016). Developing computational thinking in compulsory education. *European Commission, JRC Science for Policy Report*. Luxembourg: European Union.

- Bybee, R. W. (2010). Advancing STEM education: A 2020 vision. *Technology and Engineering Teacher*, 70(1), 30–35.
- Calao, L. A., Moreno-León, J., Correa, H. E. y Robles, G. (2015). Developing mathematical thinking with scratch. En *Proceedings of the Design for teaching and learning in a networked world, 10th European Conference on Technology Enhanced Learning* (pp. 17–27). Toledo: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-24258-3_2
- Diago, P. D. y Arnau, D. (2017). Pensamiento computacional y resolución de problemas en Educación Infantil: Una secuencia de enseñanza con el robot Bee-bot. En FESPM (Ed.), *Libro de actas VIII Congreso Iberoamericano de Educación Matemática (CIBEM)* (pp. 255–263). Madrid, España.
- Dougherty, D. (2012). The maker movement. *Innovations: Technology, Governance, Globalization*, 7(3), 11–14.
- González-González, C. S. (2018). La enseñanza-aprendizaje del Pensamiento Computacional en edades tempranas: una revisión del estado del arte. En M. Zapata-Ros y K. O. Villalba (Eds.), *Pensamiento computacional*. Arequipa: Editorial Universidad Católica de Santa María.
- Johnson, L., Becker, S. A., Estrada, V., Freeman, A., Kampylis, P., Vuorikari, R. y Punie, Y. (2014). *NMC Horizon Report Europe: 2014 Schools Edition*. Luxembourg: European Union.
- LEGO Group. (2016a). Guía de Uso LEGO MINDSTORMS Education EV3.
- LEGO Group. (2016b). Guía del Robot Educador LEGO MINDSTORMS Education EV3.
- Lombardi, M. M. (2007). Authentic learning for the 21st century: An overview. *Educause learning initiative*, 1, 1–12.
- Martínez, N. M. M., Olivencia, J. L., & Meneses, E. L. (2016). Robótica, modelado 3D y realidad aumentada en educación para el desarrollo de las inteligencias múltiples. *Aula de Encuentro*, 18(2), 158–183.
- McLoughlin, E., Finlayson, O. E., Brady, S. y McCabe, D. (2014). ESTABLISH-a model for widespread implementation of inquiry based science education. En *Science and Mathematics Education Conference Proceedings* (pp. 29–35). Dublin: Dublin University.
- Milgram, D. (2011). How to recruit women and girls to the science, technology, engineering, and math (STEM) classroom. *Technology and engineering teacher*, 71(3), 4–11.
- Museus, S. D., Palmer, R. T., Davis, R. J. y Maramba, D. (2011). Racial and Ethnic Minority Student Success in STEM Education. *ASHE Higher Education Report*, 36(6), 1–140. <http://doi.org/10.1002/aehe.3606>
- Polya, G. (1945). *How to Solve It*. Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Puig, L. (1996). *Elementos de resolución de problemas*. Granada: Comares.
- Real Decreto 126/2014, de 28 de febrero, por el que se establece el currículo básico de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, núm. 52, de 1 de marzo de 2014, pp. 19386–19387. <https://www.boe.es/boe/dias/2014/03/01/pdfs/BOE-A-2014-2222.pdf>
- Rojas-López, A. y García-Peñalvo, F. J. (2018). Learning Scenarios for the Subject Methodology of Programming from Evaluating the Computational Thinking of New Students. *IEEE Revista Iberoamericana de Tecnologías del Aprendizaje-IEEE Rita*, 13(1), 30–36.
- Rooney, C. (2012). How am I using inquiry-based learning to improve my practice and to encourage higher order thinking among my students of mathematics?. *Educational Journal of Living Theories*, 5(2), 99–127.
- Rossi, A. E. y Barajas, M. (2015). Elección de estudios CTIM y desequilibrios de género. *Enseñanza de las ciencias*, 33(3), 59–76.
- Sáez, J. M. y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129–146. <http://doi.org/dx.doi.org/10.5565/rev/educar.841>
- Sanders, M. E. (2009). Stem, stem education, stemmania. *Technology Teacher*, 68(4), 20–26.
- Schoenfeld, A. H. (1985). *Mathematical Problem Solving*. Orlando: Academic Press.
- Schoenfeld, A. H. (1992). Learning to think mathematically: Problem solving, metacognition, and sense making in mathematics. En D. A. Grouws (Ed.), *Handbook of research on mathematics teaching and learning* (pp. 334–370). New York: Macmillan.
- Selby, C. C. (2015). Relationships: computational thinking, pedagogy of programming, and Bloom's Taxonomy. En *Proceedings of the 10th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 80–87). London, United Kingdom.
- Stohlmann, M., Moore, T. J. y Roehrig, G. H. (2012). Considerations for teaching integrated STEM education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research (J-PEER)*, 2(1), 28–34. <https://doi.org/10.5703/1288284314653>
- Vázquez-Alonso, Á., Manassero-Mas, M. A., & Taberner-Ferrer, J. (2013). Factores que influyen sobre la elección de estudios superiores deficiencias y tecnología. En *IX Congreso Internacional sobre Investigación en Didáctica de las Ciencias* (pp. 42–48). Girona, España.
- Vygotsky, L. S. (1980). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. London: Harvard university press.
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33–35.



Urrea, J. (2010). *Educar con sentido común, todo lo que hay que saber para que tus hijos y tú seáis felices*. Madrid: Santillana.

La elección de los libros del profesor Javier Urrea es siempre una apuesta segura, pues su trayectoria profesional es aval suficiente de la calidad de los mismos. La presente obra es una aproximación a cómo se debe educar desde las familias, atendiendo a las distintas etapas del desarrollo que han sido concretadas en cuatro: primera infancia, infancia, preadolescencia- adolescencia y juventud. Estas etapas coinciden con las cuatro partes en las que se estructura este extenso libro. De ahí que la amplitud del mismo sea la principal dificultad para recoger, en una breve reseña, la diversidad de ideas tratadas.

La primera parte se centra en la *etapa del desarrollo evolutivo (de los 0 a los 2 años)*. Si bien la llegada de un nuevo miembro a la familia es un motivo de alegría y celebración, también es el momento de aceptar nuevos cambios en la vida familiar. Esta etapa va acompañada de temores e inseguridades que afloran en los futuros padres desde la concepción hasta el nacimiento y que deben ser abordados de forma natural para evitar tensiones que afecten a las relaciones familiares extensas y a la llegada del bebé. En este libro se aborda la importancia de tomar responsablemente la decisión de ser padres, los cuidados necesarios durante el embarazo, el momento del parto, la elección del nombre, todo ello con la finalidad de proporcionar mayor seguridad emocional a los futuros padres.

Generalmente se concibe al bebé como ser dependiente y necesitado de atención, lo que potencia la inquietud constante, forjada por el deseo de querer cubrir todas sus necesidades de una manera eficaz para que sea una persona equilibrada, sana y, sobre todo, feliz. Sin negar esta obviedad, el autor define al niño como un agente activo desde su nacimiento, capaz de reconocer a sus padres, de comunicar con su llanto su necesidad, de demandar cariño con sus pucheros... En esta etapa, el vínculo paterno-filial se va a basar fundamentalmente en el juego, las caricias y el diálogo afectivo que constituirán la base para desarrollar la inteligencia sensorimotora del bebé, su curiosidad y su lenguaje y, posteriormente, en su buena integración social y familiar.

La *Primera infancia (de los 3 a los 6 años)* se ha recogido en la segunda parte que aglutina aspectos asociados a la incorporación de los niños a la escolaridad, la colaboración de la familia y la escuela en la educación, la importancia de establecer buenas relaciones en la unidad familiar, el establecimiento de normas que favorezcan la convivencia, la llegada de un nuevo miembro familiar (hermano/a), etc. Las situaciones que afectan al núcleo familiar son múltiples pero, en cualquier caso, los niños necesitan potenciar la unión y los lazos familiares, especialmente en estas edades, pues solo así los progenitores se convertirán en agente de socialización y referente educativo que proporciona la seguridad emocional y el apoyo necesario para afrontar los retos y adversidades que se les presente en la vida.

Algunos de los riesgos que se presentan en esta etapa son, por ejemplo, querer ganarse al niño siendo condescendientes y con regalos; el que los abuelos asuman el rol educativo de los progenitores tratando de sustituirlos; tolerar ciertos comportamientos dictatoriales por parte del niño; el tránsito por la ruptura de los progenitores; etc. El autor, en esta sección, va perfilando la acción educativa para cada una de estas situaciones.

La tercera parte se centra en la *etapa de la preadolescencia* cada vez más temprana (de los 7 a los 12 años). En esta etapa los niños van asumiendo más responsabilidades y autonomía y se enfrentan a grandes cambios de crecimiento físico y emocional, intelectual y madurativo, así como cambios en su contexto escolar y familiar. La vida escolar les demanda mayor esfuerzo y autonomía en su estudio, así como la consolidación del hábito de estudio y de las normas de convivencia. Es importante establecer unas relaciones de complementariedad entre familia y escuela, evitar factores de riesgo para la salud como el estrés, o fobias escolares asociados al ritmo de vida frenético al que se están sometiendo a los niños. También pueden vivir situaciones de rechazo escolar. Aunque estos aspectos son más comunes en la adolescencia, cada vez tienen mayor presencia en la pre-adolescencia.

En esta etapa los padres siguen siendo fundamentales, pero empiezan a intervenir otros factores en la educación del niño, tales como el entorno, la escuela, los amigos y los medios de comunicación. Los hijos demandan una mayor atención por parte de los padres, pero hay que evitar ser demasiado sobreprotector, pues el niño necesita ir descubriendo y haciendo cosas por sí mismo para que el día de mañana pueda ser una persona responsable y autónoma. Algunas orientaciones educativas relevantes para esta etapa son el establecimiento de unas relaciones de confianza entre padres e hijos; la comunicación que, aunque importante, no es la única vía de transmisión; ir dando una serie de responsabilidades que harán que el niño/a se vaya sintiendo más útil y responsable; afrontar la sexualidad con naturalidad y según determinen los cambios; favorecer el tránsito a nuevos patrones de interacción entre iguales que son base imprescindible para su socialización; no se debe intervenir en la elección de sus amistades, pero sí conocer a los amigos del hijo/a y saber aconsejarle (nunca prohibirle o exigirle); favorecer el pensamiento crítico, autocontrol y planificación responsable en el uso de las TIC.

Por último, la cuarta parte está destinada a la *adolescencia* que abarca de los 13 a los 18 años. Es una etapa de crecimiento y de adaptación, donde se vive todo intensamente. Ya no es un niño pero tampoco es un adulto. Algunas de las problemáticas que acechan a esta etapa son la iniciación a la sexualidad, al consumo de alcohol y tabaco, dependencia desmesurada a las tecnologías y los medios de comunicación masivos; patologías asociadas al excesivo culto a la imagen... A lo largo de esta etapa también se van formando factores que nos definen como personas autónomas, factores como los valores, creencias, costumbres, actitudes que nos sitúan de forma diferente al resto de los grupos sociales. Si bien la familia sigue siendo un gran pilar, los amigos en esta etapa adquieren mayor importancia.

A modo de conclusión señalar que transitamos por la vida, afortunadamente acompañados de nuestros seres queridos, afrontando diversidad de situaciones que contribuyen a forjar nuestra identidad. Este libro realiza un recorrido por casi todas ellas, aportando reflexiones de gran utilidad para que las familias puedan asumir feliz y responsablemente la educación de sus hijos/as.

¡Educar no es una tarea fácil, pero sí gratificante!



Directrices para autores-as Guidelines for authors

Objetivo y temática de la revista. *Magister* publica, con carácter semestral (marzo y septiembre), trabajos originales de investigación aplicada en el campo de la Formación del Profesorado y la investigación educativa. Se aceptan artículos en español o en inglés, de revisión teórica, descripciones de experiencias, reseñas bibliográficas e investigaciones empíricas.

Objective and scope of the journal. *Magister* publishes half-yearly (March and September), original works of applied research in the field of teacher training and educational research. *Magister* accepts papers in Spanish or English, theoretical reviews, descriptions of experiences in training and educational innovation, literature reviews and empirical research.

Envío de originales. Los manuscritos deben remitirse por vía electrónica a través de la dirección <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/MAG>

Submission of manuscripts. Manuscripts can be submitted by <https://www.unioviado.es/reunido/index.php/MAG>

Para garantizar el anonimato, en la primera página del documento se pondrá únicamente el título del trabajo, el número de palabras, el nombre de los autores, la categoría profesional, la institución a la que pertenecen, la dirección postal, el correo electrónico y un teléfono de contacto. En la segunda página, aparecerá el título, un resumen de hasta 200 palabras y entre tres y cinco palabras clave, todo ello en español y en inglés. Debe aparecer, asimismo, un título breve (*running-head*). De la tercera página en adelante, se ofrecerá el título del trabajo y luego el texto completo del artículo.

On the the first page, for purposes of anonymity, only the title and the total number of words will appear, also the authors' names, degree, affiliation, mail address, e-mail and contact number. The second page must include the title, an abstract of not more than 200 words, between three and five keywords and the running-head, all in Spanish and English. From the third page ahead will appear the title and the full text.

El documento debe ser redactado en formato Word, a doble espacio y con tipo de letra Times New Roman a 12 puntos. Las tablas se insertarán en el lugar donde los autores consideren que deben ir publicadas, en un formato que permita su posible modificación por el equipo de edición. La extensión máxima es de 6000 palabras.

The paper must be written in Word format, double-spaced with font Times New Roman 12 points. Tables are inserted at the place where the authors consider should be published in a format suitable for possible modification by the editing team. The work, no more than 6000 words.

Los trabajos remitidos deberán ser inéditos y no haber sido enviados a otras publicaciones simultáneamente. Esta circunstancia deberá acreditarse mediante carta a los Directores de la revista en la que se afirme explícitamente este hecho.

The submitted works must be unpublished and have not been sent to other publications simultaneously. This circumstance must be accredited by letter to the Directors of the journal.

Estilo de redacción. La redacción se debe atener a las normas recogidas en el *Publication Manual of the American Psychological Association*, en su 6ª edición (APA, 2009). En caso de no ser así, el trabajo será devuelto a los autores para que efectivamente se atengan a estas normas. A continuación se recuerdan algunas de ellas:

– Las *citas bibliográficas* en el texto se harán con el primer apellido del autor y el año de publicación, ambos entre paréntesis y separado por una coma. Si el autor forma parte de la narración, sólo se pone entre paréntesis el año. Si la obra está escrita por dos autores, siempre se citan ambos. Si está escrita por más de dos y menos de seis, se citan todos la primera vez y, en las siguientes, sólo el primer autor seguido de "et al.". Si los autores son más de seis, se cita el primero, seguido de "et al.". Si hay otro apellido igual y del mismo año, se incluyen los autores siguientes hasta que no exista confusión. En todo caso, cuando se citen diferentes publicaciones, se deben ordenar alfabéticamente. Las citas de un mismo autor y año se distinguen añadiendo "a", "b", "c" tras al año.

– Las *referencias bibliográficas* deben ir al final del texto ordenadas alfabéticamente y nunca como nota al pie. A continuación se presentan algunos ejemplos de redacción: a) Libro: "Spivack, G., Platt, J.J., y Shure, M.B. (1976). *The problem-solving approach to adjustment*. San Francisco: Jossey-Bass."; b) Capítulo de libro: "Beltrán, J. (1999). Procesos cognitivos implicados en el aprendizaje de los valores sociales. La solución de conflictos. En J. Beltrán y C. Genovard (Eds.), *Psicología de la instrucción II. Áreas curriculares*. Madrid: Síntesis."; c) Artículo: "Zimmerman, B.J. (1989). A social cognitive view of self-regulated learning and academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329-339."

Para otra casuística, acúdase al manual citado de la APA (2009).

Writing style. Manuscripts should adhere to the publication norms of the APA Style (Publication Manual of the American Psychological Association, 2009, 6th edition) otherwise papers will be returned to the authors to effectively comply with these rules. Below we summarize some of them:

– *Bibliographical references* within the text should give author's surname and year of publication (in brackets and separated by a comma). If the author's name forms part of the narrative it should be followed in brackets by the year of publication. If there are only two authors both should be cited in all cases. In cases of more than two but less than six authors, all should be cited the first time, and on all subsequent occasions only the name of the first author followed by "et al." and the year. If there is another case of the same surname and the same year the complete list of authors should be included. For more than six authors the "et al." form should be used throughout, in case of confusion adding subsequent authors until the work is clearly identified. For works by the same author(s) and same year, the letters a, b, c, etc., should be added to the year.

– All references in the bibliography at the end of the article should be complete, showing all authors and ordered alphabetically by first author. Some examples are showed: a) Books: "Spivack, G., Platt, J.J., y Shure, M.B. (1976). *The problem solving approach to adjustment*. San Francisco: Jossey-Bass."; b) Book chapter: "Beltrán, J. (1999). Procesos cognitivos implicados en el aprendizaje de los valores sociales. La solución de conflictos. En J. Beltrán & C. Genovard (Eds.), *Psicología de la instrucción II. Áreas curriculares*. Madrid: Síntesis."; c) Journal article: "Zimmerman, B.J. (1989). A social cognitive view of self regulated learning and academic learning. *Journal of Educational Psychology*, 81, 329-339."

For all other norms please consult the APA manual (APA. 2009).

Sistema de evaluación de los artículos. El original será evaluado en primera instancia por el Consejo de Dirección, que valorará su pertinencia temática para la revista y el cumplimiento de aspectos formales básicos. Cuando el resultado sea positivo, será enviado a dos evaluadores anónimos, expertos en la materia y externos a la institución editora de la revista. A la vista de estos informes, el Consejo de Dirección comunicará a los autores si el artículo será o no publicado y, en su caso, las modificaciones necesarias para su publicación. El plazo máximo de aceptación o rechazo del artículo será de cinco meses desde la recepción del trabajo.

Reviewing. The original will be evaluated firstly by the editorial board, to assess its thematic relevance to the journal and the fulfillment of basic formal aspects. When the result is positive, will be sent to two anonymous experts not from the editor institution. Regarding these reports, the editorial board will communicate to the authors whether or not the paper will be published and, when appropriate, the necessary amendments for publication. The deadline for acceptance or rejection of the paper will be five months from receptions of the work.

Derechos y responsabilidades. El envío de un trabajo a la revista *Magister* implica que los autores ceden el *copyright* a la revista para su reproducción por cualquier medio, si es aceptado para su publicación. Las ideas, datos y opiniones expresadas en los trabajos publicados son de responsabilidad exclusiva de los autores. Asimismo, los autores se responsabilizan de la obtención del permiso correspondiente para incluir material ya publicado. Del mismo modo, los autores se responsabilizan de que los trabajos publicados estén realizados conforme a los criterios éticos que rigen la investigación y sean acordes con la deontología profesional. La revista declina cualquier responsabilidad sobre posibles conflictos derivados de la autoría de los trabajos que se publiquen en ella.

Copyright and responsibilities. If an article is submitted to the journal and accepted to publish the rights of printing and reproduction in any form belong to Magister. It is understood that data and opinions expressed in the articles are the exclusive responsibility of the authors. Likewise, authors are responsible for obtaining copyright permission to include published material. As well the works described to publish in Magister shall be in accordance with all aspects of professional deontology. The journal declines any responsibility arising from the works published on it.