

Programar para aprender Matemáticas en 5º de Educación Primaria: implementación del proyecto ScratchMaths en España

Coding to learn Mathematics in 5th grade: implementation of the ScratchMaths project in Spain

Jesús Moreno-León
Programamos. Sevilla, España.
jesus.moreno@programamos.es

Marcos Román-González
Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED). Madrid, España.
mroman@edu.uned.es

Ramón García-Perales
Universidad de Castilla-La Mancha. Albacete, España.
ramon.garciaperales@uclm.es

Gregorio Robles
Universidad Rey Juan Carlos. Madrid, España.
grex@gsync.urjc.es

Resumen

Este artículo presenta una investigación que ha medido el impacto causal de la intervención realizada en el marco del proyecto Escuela de Pensamiento Computacional, que el Ministerio de Educación y Formación Profesional de España inició en el curso académico 2018-2019. En concreto, se estudia si es posible mejorar el desarrollo de la competencia matemática a través de actividades de programación en 5º de Educación Primaria. El diseño de la investigación está basado en las lecciones aprendidas del proyecto ScratchMaths desarrollado por la University College London en Reino Unido. Se han usado dos grupos de estudiantes no equivalentes, grupo experimental y grupo de control, sin asignación aleatoria, con medición pre-test y post-test sobre la variable competencia matemática. Para ello, se ha contado con la participación de más de 3.700 estudiantes. Los resultados muestran que el alumnado del grupo experimental desarrolló en mayor medida esta competencia que el alumnado del grupo de control, apreciándose un impacto significativo y positivo. Con un tamaño del efecto de la intervención $d=0,449$ puede afirmarse que el proyecto logró el efecto pretendido sobre la competencia matemática. La generalización de experiencias de pensamiento computacional en el currículum podrá garantizar la mejora de la calidad de los procesos educativos.

Palabras clave: pensamiento computacional, lenguaje de programación, tecnología, matemáticas, educación básica, aprendizaje asistido por ordenador.

Abstract

This article presents an investigation that has measured the causal impact of the intervention carried out within the framework of the School of Computational Thinking project, launched by the Ministry of Education and Vocational Training of Spain in the 2018-2019 academic year. Specifically, it studies whether it is possible to improve the development of mathematical competence through

programming activities in 5th grade of Primary Education. The research design are based on the lessons learned from the ScratchMaths project developed by University College London in the United Kingdom. Two groups of non-equivalent students have been used, the experimental group and the control group, without random assignment, with pre-test and post-test measurement on the mathematical competence variable. More than 3,700 students participated in the investigation. The results show that the students in the experimental group developed this competence to a greater extent than the students in the control group, with a significant and positive impact. Being the intervention effect size $d=0.449$, it can be stated that the project achieved the intended effect on mathematical competence. The generalization of computational thinking experiences in the curriculum can guarantee the improvement of the quality of the educational processes.

Keywords: computational thinking, programming language, technology, mathematics, basic education, computer-assisted learning.

Introducción

Durante el curso escolar 2018-2019, el Ministerio de Educación y Formación Profesional, a través del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y Formación del Profesorado, puso en marcha en España el proyecto Escuela de Pensamiento Computacional, cuyo objetivo es “ofrecer recursos educativos abiertos, formación y soluciones tecnológicas que ayuden a los docentes españoles a incorporar esta habilidad a su práctica docente a través de la programación y la robótica con las mayores garantías” (INTEF, 2019, p. 16).

En base a las definiciones de pensamiento computacional propuestas por Seymour Papert en el libro *Mindstorms* (Papert, 1980), por Jeannette Wing en el artículo seminal *Computational Thinking* (Wing, 2006), y teniendo en cuenta las últimas investigaciones en este campo (Moreno-León, Robles, Román-González, & Rodríguez, 2019), en el marco de la Escuela de Pensamiento Computacional esta habilidad se entiende como “la capacidad de resolver problemas y comunicar ideas aprovechando la potencia de los ordenadores” (INTEF, 2019, p. 11).

Para el nivel de Educación Primaria, la Escuela de Pensamiento Computacional formó a más de 200 docentes de 16 Comunidades Autónomas y 2 Ciudades Autónomas para que aprendieran a trabajar las Matemáticas de 5º de Primaria a través de actividades de programación con el lenguaje Scratch (Maloney, Resnick, Rusk, Silverman, & Eastmond, 2010). Además, facilitó un conjunto de recursos educativos abiertos¹ para ayudar a los docentes a llevar a su aula lo aprendido durante el curso. Estos recursos son actividades de programación que están diseñadas de manera que fomentan la interacción con diferentes conceptos matemáticos del currículo de 5º. El objetivo es que al tiempo que el alumnado desarrolla su pensamiento computacional, también mejore el desarrollo de la competencia matemática. Todo este trabajo está basado en el proyecto de investigación ScratchMaths (Boylan, Demack, Wolstenholme, Reidy, & Reaney, 2018), implementado en Reino Unido por la University College London con financiación de la Education Endowment Foundation, que compartió las lecciones aprendidas y los recursos educativos elaborados con el Ministerio de Educación y Formación Profesional de España.

¹ <http://code.intef.es/aprende-matematicas-y-otras-cosas-con-scratch-3-0/>

La fase de implementación en el aula de la Escuela de Pensamiento Computacional, en la que participaron más de 3.700 alumnos, fue estudiada por un grupo de investigación independiente. Este artículo presenta las conclusiones de dicho estudio, en el que se ha tratado de dar respuesta a la siguiente pregunta: ¿Es posible mejorar el desarrollo de la competencia matemática del alumnado a través de actividades de programación con el lenguaje Scratch en 5º de Primaria?

Antecedentes

El uso de la programación informática como una herramienta al servicio del aprendizaje no es una idea nueva. Ya en la década de 1960 se creó el lenguaje Logo, que fue diseñado para ofrecer un entorno en el que los aprendices determinan un problema que resolver, realizan elecciones, experimentan, prueban soluciones, y construyen sobre lo que ya saben (Watt, 1982). El objetivo de este lenguaje, por tanto, no era solo introducir a los niños en el uso de los ordenadores desde edades tempranas, sino que en el proceso aprendieran sobre otras disciplinas y mejorasen su creatividad (Papert & Solomon, 1972).

La comunidad científica investigó el impacto de la programación con Logo en el aprendizaje del alumnado en diferentes áreas, y Matemáticas fue la asignatura en la que más investigación se realizó. Así, se encontraron mejoras en la clasificación de figuras geométricas (Battista & Clements, 1988), el pensamiento geométrico (Johnson-Gentile, Clements, & Battista, 1994), conceptualizaciones con una mayor generalización en relación con el trabajo con ángulos (Clements & Battista, 1989) y mejoras en medición lineal (Campbell, 1987). Otros trabajos, por el contrario, no encontraron mejoras en el aprendizaje del alumnado al usar Logo en la clase de Matemáticas (Hamada, 1986; Olive, 1991).

En los últimos años se han popularizado lenguajes de programación que cuentan con editores basados en bloques y que han sido diseñados para aprovechar todas las posibilidades de los lenguajes tradicionales, pero habiendo aprendido de los problemas que estos presentaban en el ámbito educativo (Weintrop & Wilensky, 2015). Entre estos lenguajes destaca Scratch, sin duda el más utilizado en todo el mundo con más de 62 millones de usuarios registrados, muchos de ellos jóvenes en edad escolar. Y con este auge de la programación en el ámbito educativo se están realizando nuevas investigaciones en este campo, tratando de saber más sobre cómo afecta la programación a edades tempranas al aprendizaje de otras asignaturas (Fagerlund, Häkkinen, Vesisenaho, & Viiri, 2020; Moreno-León, Robles & Román-González, 2016).

Aunque las conclusiones de las intervenciones que se han realizado sobre el uso de Scratch como herramienta educativa ofrecen un panorama muy interesante (Moreno-León & Robles, 2016), algunos de estos trabajos no siguen las recomendaciones básicas para el desarrollo de investigación en el ámbito educativo (Cohen, Manion, & Morrison, 2007) y la mayoría se ha realizado con muestras de estudiantes muy pequeñas.

Por ello, en 2015, el University College London lanzó el proyecto ScratchMaths con el objetivo fundamental de comprobar si es posible mejorar el aprendizaje de las Matemáticas a través de la programación con Scratch en los cursos 5º y 6º de Educación

Primaria (Benton, Hoyles, Kalas, & Noss, 2016). Para el diseño del proyecto se tuvieron en cuenta casos de éxito de trabajos que siguen este mismo enfoque, así como las limitaciones que se habían encontrado previamente (Clements, 1999; Voogt et al., 2015), y se realizó una intervención en 110 escuelas en la que participaron más de 5.000 estudiantes.

Las conclusiones fundamentales del proyecto fueron las siguientes (Boylan et al., 2018): i) No hay evidencia de que la intervención tuviera un impacto positivo en los resultados académicos de Matemáticas; ii) Sí hubo una mejora en el desarrollo del pensamiento computacional en el 5º curso; iii) Muchos colegios no implementaron el proyecto en su totalidad, especialmente en el 6º curso; iv) Los docentes participantes destacaron la gran calidad de los materiales didácticos que se pusieron a su disposición. La formación que recibieron los docentes participantes consistió en dos jornadas y media -alrededor de 20 horas-, y el informe final del proyecto también destaca que la implementación mejoró en aquellas escuelas que ofrecieron a los docentes tiempo para trabajar en los materiales.

Teniendo en cuenta estos resultados, los responsables de la Escuela de Pensamiento Computacional en el Ministerio de Educación y Formación Profesional decidieron realizar una implementación de ScratchMaths en España, pero centrándose en el 5º curso de Primaria y ampliando el periodo de formación para el profesorado participante.

Método

El estudio se ha diseñado como una intervención empírica en la que han participado dos grupos de alumnos no equivalentes, uno como grupo experimental -que trabajó el contenido de las clases de Matemáticas a través de actividades de programación con Scratch de acuerdo a las directrices del proyecto- y otro como grupo de control -que siguió trabajando esta asignatura como lo venía haciendo hasta la fecha siguiendo su libro de texto para el área, es decir, con otro tipo de actividades y recursos diferentes a la programación con Scratch-. La asignación de los estudiantes a cada uno de los grupos no ha sido aleatoria, puesto que se ha trabajado con las clases enteras de alumnos ya formadas por los centros educativos. Se realizó una medición anterior a la intervención sobre la variable competencia matemática, la prueba pre-test, y otra medición posterior a la intervención, post-test, lo que ha permitido estimar el impacto causal del proyecto.

Muestra

La muestra total ha estado conformada por 3.795 estudiantes de 5º Primaria, que realizaron como mínimo una aplicación de la prueba de evaluación de la competencia matemática. No obstante, tal como se detalla en la Tabla 1, tan solo aquellos estudiantes que cumplen las siguientes condiciones se han considerado como casos válidos para el estudio: (1) haber completado el pre-test y el post-test del instrumento, y (2) haber transcurrido al menos 60 días entre ambos tests. De acuerdo con estos dos requisitos, la muestra final válida asciende a 2.178 sujetos, con una ratio de supervivencia del 57,39%.

Al respecto de la muestra válida, la Figura 1 muestra su distribución por sexo y la Figura 2 presenta su distribución por Comunidades y Ciudades Autónomas de España,

variables claves para comprender el alcance de la investigación y la caracterización de la muestra participante. Como se puede comprobar, el porcentaje de chicos y chicas está muy equilibrado. Además, se cuenta con una muestra geográficamente distribuida por gran parte del país, puesto que se compone de estudiantes de todas las Comunidades y Ciudades Autónomas españolas excepto de Galicia, cuya Consejería de Educación declinó participar en la investigación. También la muestra es equilibrada atendiendo al número de unidades de 5º de Educación Primaria y tipología de los centros educativos, titularidad pública o privada y entorno urbano o rural.

Tabla 1

Resumen del procesamiento de casos

Grupo	Total participantes	Sujetos válidos	Tasa de supervivencia
Experimental	3.629	2.097	57,78%
Control	166	81	48,79%
Total	3.795	2.178	57,39%

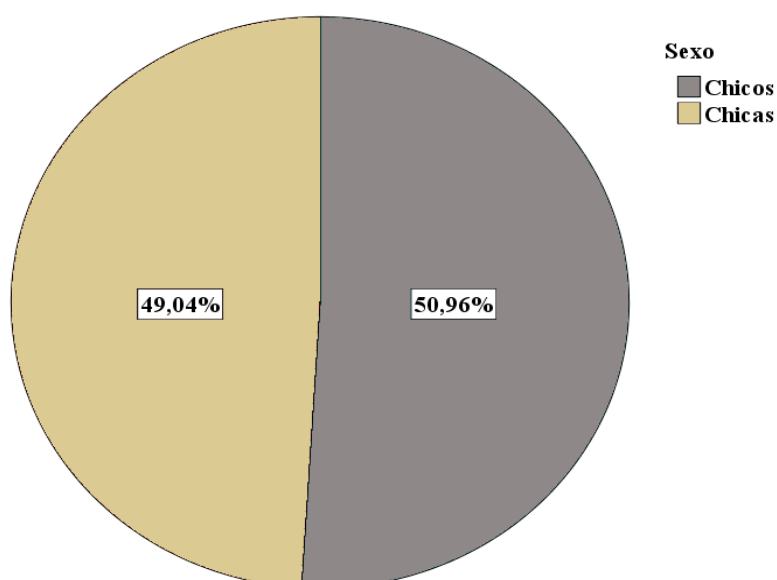


Fig. 1. Distribución por sexo de la muestra válida.

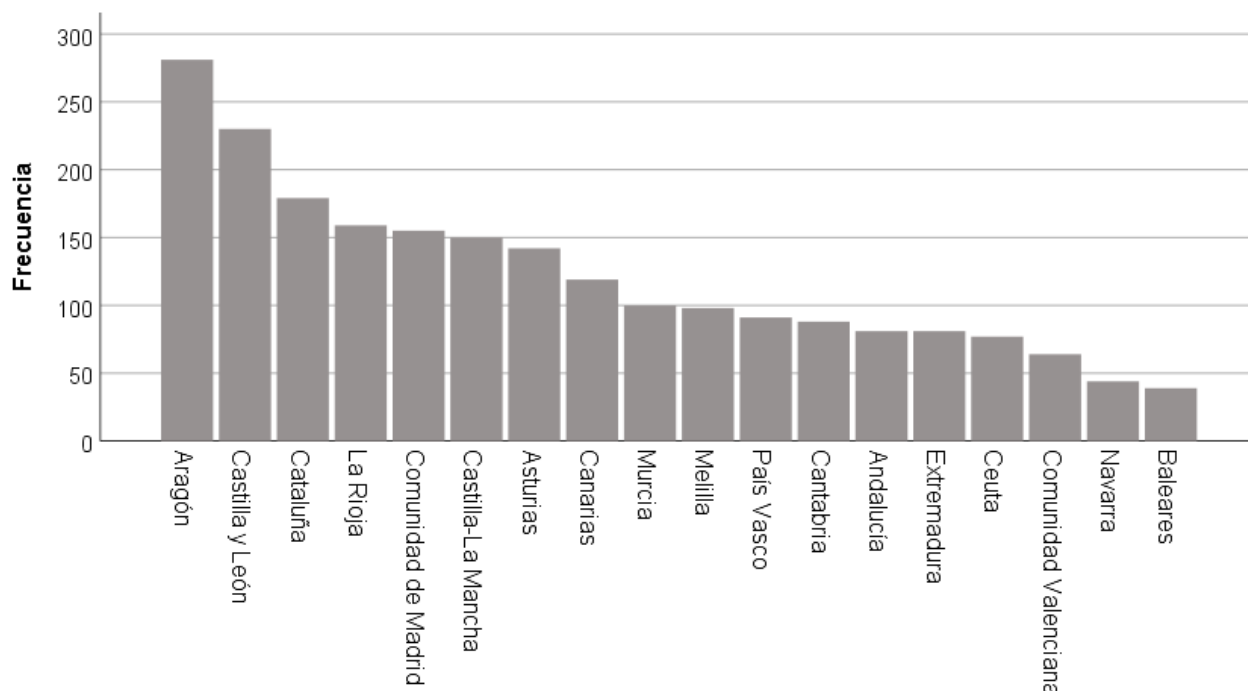


Fig. 2. Distribución por Comunidades y Ciudades Autónomas de la muestra válida.

Instrumentos

La adquisición de aprendizajes para la competencia matemática se caracteriza por su generalización a los contextos que rodean al estudiante y por su interdisciplinariedad en relación con el logro educativo para el resto de las áreas del currículum, aspectos que refuerzan su carácter transversal e instrumental. Su integración en los procesos de enseñanza y aprendizaje permite el desarrollo cognitivo del alumnado, su abordaje desde la educación es determinante para el bienestar y la sostenibilidad (Santillán, Cadena, & Cadena, 2019). Específicamente, esta competencia podría definirse como “la capacidad de los estudiantes de formular, aplicar e interpretar las matemáticas en contextos diferentes. Incluye razonar matemáticamente y emplear conceptos, procedimientos, hechos y herramientas matemáticas para describir, explicar y predecir fenómenos de diverso tipo” (Ministerio de Educación y Formación Profesional, 2019, p. 17). De esta manera, su evaluación es clave con vistas a analizar el grado de consecución de los aprendizajes matemáticos alcanzados, siempre tomando en consideración su importancia para la descripción, interpretación y predicción de fenómenos contextuales (Alsina, García, & Torrent, 2019).

En esta investigación, la evaluación del desarrollo de la competencia matemática se ha realizado mediante el instrumento Batería de Evaluación de la Competencia Matemática, BECOMA (García-Perales, 2014), que precisamente se diseñó para 5º curso de Educación Primaria. Se trata de un instrumento conformado por 30 ítems repartidos entre 7 subpruebas denominadas: *Interpretación matemática* (5 ítems), *Cálculo mental* (6 ítems), *Propiedades geométricas* (2 ítems), *Series lógicas numéricas* (6 ítems), *Descubriendo algoritmos* (2 ítems), *Unidades convencionales* (6 ítems) y *Series lógicas de figuras* (3 ítems). Cada uno de los ítems puede tomar una puntuación de 0, 1 o 2 (incorrecto, parcialmente correcto y correcto), oscilando la puntuación total entre 0 y 60. El instrumento se aplica de forma electrónica, su tiempo de aplicación es

de 41 minutos y contiene instrucciones y ejemplos previos antes del inicio de cada una de las subpruebas.

Con relación a su validación estadística, muestra una fiabilidad elevada con índices Alpha de Cronbach entre ,73 y ,90. Por otro lado, en cuanto a su validez (contenido, criterio y constructo), los índices calculados oscilan entre ,80 y ,89 (García-Perales, 2014). Existen publicaciones científicas previas a su validación (Jiménez & García-Perales, 2013) y posteriores (García-Perales & Jiménez, 2016; García-Perales, Jiménez, & Palomares, 2020), que ofrecen sustento teórico y empírico a este instrumento de evaluación.

Procedimiento

Antes de comenzar la intervención, el profesorado participante en el proyecto recibió una formación tutorizada en red de 30 horas por parte del Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF), a lo largo de tres meses, en la que se familiarizó con los materiales didácticos que utilizaría posteriormente con su alumnado durante la siguiente fase, incluyendo instrucciones e indicaciones pertinentes para la aplicación de la prueba. Solo aquellos maestros que superaron esta formación pudieron continuar en el proyecto con su alumnado, que consistió en la realización del pre-test, la implementación en el aula siguiendo las instrucciones y metodología del proyecto, y la realización del post-test.

Las actividades de programación desarrolladas en las clases de Matemáticas con el alumnado del grupo experimental están basadas en el currículo propuesto por el proyecto ScratchMaths, que fue adaptado, actualizado y traducido al español por el Ministerio de Educación y Formación Profesional. Estas actividades están divididas en tres módulos. El primero, “Patrones de mosaico”, está centrado en la repetición de patrones, como los que se pueden encontrar en el arte islámico o en las vidrieras góticas, pero también en la naturaleza, como en los copos de nieve. Con las actividades de este módulo el alumnado da los primeros pasos en el mundo de la programación informática, se familiariza con el entorno de programación de Scratch, y aprende a mover, girar y sellar objetos por la pantalla; controlar el flujo de los programas mediante instrucciones de repetición; así como a definir sus propios bloques. Los conceptos matemáticos trabajados con estas actividades incluyen: patrones, rotación, ángulos, coordenadas, simetría, multiplicación, traslación, transformación y números positivos y negativos. La Figura 3 muestra una de las actividades, en la que el alumnado experimenta con los parámetros de los bloques “repetir” y “girar” para crear diferentes patrones.



Fig. 3. Una de las actividades realizadas por el alumnado del grupo experimental.
Fuente: INTEF, disponible con licencia libre en <http://code.intef.es/aprende-matematicas-y-otras-cosas-con-scratch-3-0/>

El módulo 2, “La geometría del escarabajo”, está centrado en el desarrollo de programas en los que los personajes hacen uso de las instrucciones de la extensión “lápiz” de Scratch para dibujar en la pantalla distintas figuras y paisajes. Este módulo también incorpora actividades que permiten al alumnado aprender a depurar proyectos con errores y a predecir el resultado de la ejecución de diferentes tipos de programas. Algunos de los conceptos matemáticos trabajados en este módulo son: perímetro, números romanos, polígonos regulares e irregulares, y números aleatorios.

Por último, el módulo “Objetos que interactúan” incluye actividades destinadas a mostrar cómo usar instrucciones condicionales y de envío y recepción de mensajes para sincronizar el comportamiento de los personajes de un proyecto, logrando que interactúen y reaccionen a diferentes eventos, de forma que el alumnado aprende a crear distintos tipos de narraciones interactivas. Estas actividades contribuyen a trabajar conceptos matemáticos como factores, rotación, reflexión u ordinalidad.

Esta fase de implementación en el aula se desarrolló a lo largo de tres meses, con una dedicación estimada de 40 horas. Las siguientes secciones describen el análisis realizado sobre las pruebas pre-test y post-test y los resultados obtenidos.

Análisis de datos

Previamente al análisis de los resultados alcanzados en la BECOMA, se ha obtenido la consistencia interna de las mediciones realizadas tras el cálculo de la fiabilidad mediante el estadístico Alpha de Cronbach. Después, se han presentado los estadísticos descriptivos de los datos alcanzados para ambos momentos de la investigación. Por último, para valorar la existencia de diferencias estadísticamente significativas entre

grupos, experimental y control, y conocer así el impacto del programa desarrollado, se ha realizado un análisis de covarianza y se ha calculado el tamaño del efecto de las mediciones. El equipo investigador ha sido el encargado de la revisión de los datos obtenidos en cada momento de la investigación. Todo el tratamiento estadístico se ha realizado utilizando el programa SPSS en su versión 26.0.

Resultados

Fiabilidad de las mediciones

La Tabla 2 presenta la fiabilidad de la batería BECOMA, que asciende a $\alpha = 0,83$. Este valor se considera ‘bueno’ al tratarse de un instrumento diseñado específicamente para 5º de Primaria (García-Perales, 2014).

Tabla 2

Resumen de la fiabilidad (como consistencia interna) de la batería BECOMA

Nº de ítems	Tamaño de la muestra válida	Alfa de Cronbach		Fiabilidad promedio
		Pre-test	Post-test	
30	2.178	0,814	0,837	0,83

Resultados descriptivos

La Tabla 3 presenta un resumen de los estadísticos descriptivos en relación a la puntuación obtenida por todos los estudiantes considerados como muestra válida en la batería BECOMA en las dos mediciones.

Tabla 3

Resumen de estadísticos descriptivos relativos a la puntuación total en la batería BECOMA

	Estadísticos	Pre-test	Post-test
N	Válidos	2.178	2.178
	Perdidos	0	0
Media		36,08	38,79
Mediana		36,00	39,00
Moda		35	41
Desviación típica		9,273	9,591
Varianza		85,982	91,980
Asimetría		-,032	-,092
Curtosis		-,296	-,539
Mínimo		3	11
Máximo		59	60
Percentiles	10	24,00	26,00
	20	28,00	30,00
	25	30,00	32,00
	30	31,00	33,00
	40	33,00	36,00
	50	36,00	39,00
	60	39,00	41,40
	70	41,00	44,00
	75	43,00	46,00

80	44,00	47,00
90	48,00	52,00

Por su parte, la Figura 4 es un diagrama de cajas que presenta las puntuaciones totales de toda la muestra válida en BECOMA, que puede utilizarse para comparar la distribución de las puntuaciones antes y después de la intervención. Así, en el pre-test, la puntuación media es de 36,08 (DT= 9,273), mientras que en el post-test es de 38,79 (DT= 9,591). La mediana entre momentos también varía, de 36,00 a 39,00. Con estos primeros resultados y su visualización gráfica, se puede atisbar la existencia de impacto de la introducción de la programación, lo que justifica continuar con el análisis de los datos con el fin de estudiar la posible existencia de diferenciación estadística entre el grupo experimental y el de control.

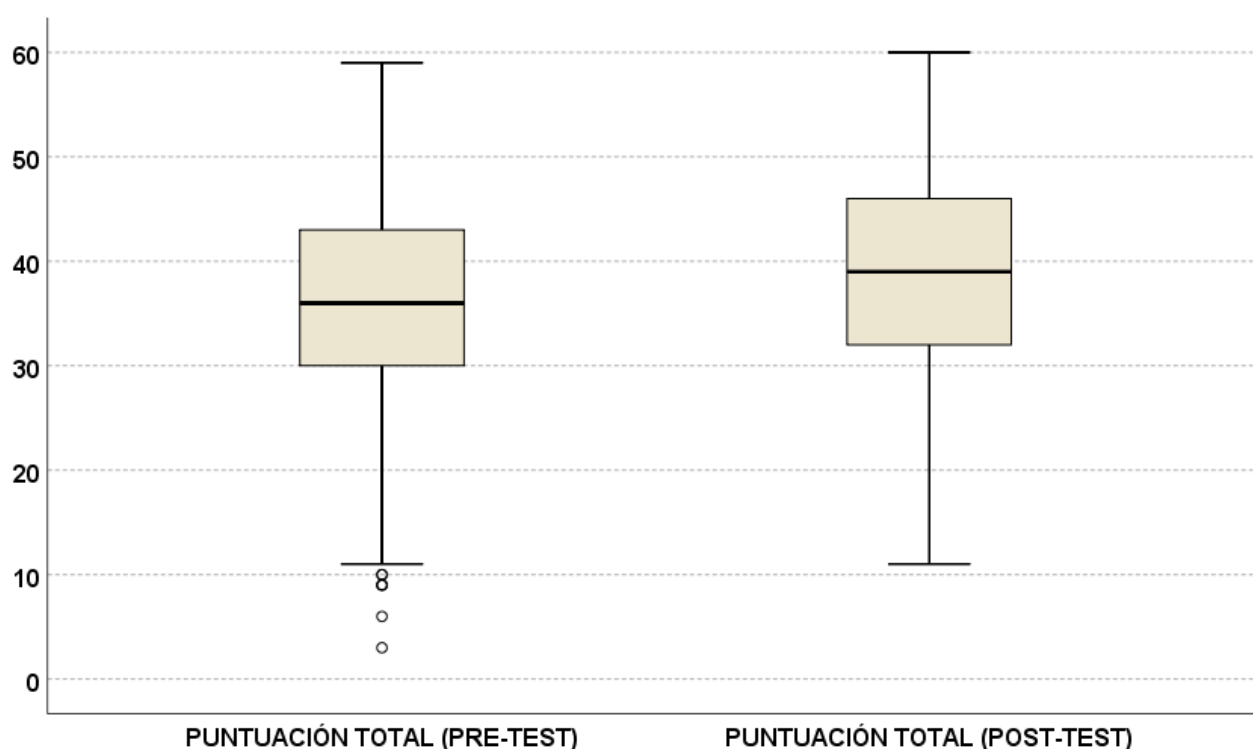


Fig. 4. Diagramas de caja sobre la puntuación total en la batería BECOMA del conjunto de la muestra válida (pre-test vs. post-test).

Impacto de la intervención

Para medir el impacto de la intervención se ha realizado un Análisis de Covarianza (ANCOVA) sobre la puntuación total de la batería BECOMA en post-test, tomando la condición grupo experimental vs grupo de control como factor fijo y la puntuación total en el pre-test como covariable. Tal como puede verse en la Tabla 4, el ANCOVA muestra una diferencia estadísticamente significativa ($F= 17,758$; $p= ,000$), de lo que se concluye que la intervención tuvo un impacto significativo y positivo en el desarrollo de la competencia matemática de los estudiantes que participaron en el proyecto.

Tabla 4

ANCOVA sobre la puntuación total de la BECOMA (post-test), tomando la "Condición" ("Experimental" vs. "Control") como factor fijo y la puntuación total en la batería BECOMA (pre-test) como covariable

Variable dependiente: puntuación total BECOMA (post-test)					
Origen	Tipo III de suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Modelo corregido	95314,507 ^a	2	47657,253	987,892	,000
Intersección	12279,675	1	12279,675	254,547	,000
BECOMA (pre-test)	95197,329	1	95197,329	1973,355	,000
Condición	856,685	1	856,685	17,758	,000
Error	104924,931	2175	48,241		
Total	3476574,000	2178			
Total corregido	200239,438	2177			

a. R al cuadrado = ,476 (R al cuadrado ajustada = ,476)

La Figura 5 es una representación gráfica de las barras de error con los intervalos de confianza al 95% sobre la media de la BECOMA para los grupos control y experimental tanto en pre-test como en post-test, y puede ilustrar el cambio producido en cada uno de los grupos entre la medición anterior a la intervención y la medición posterior a la misma.

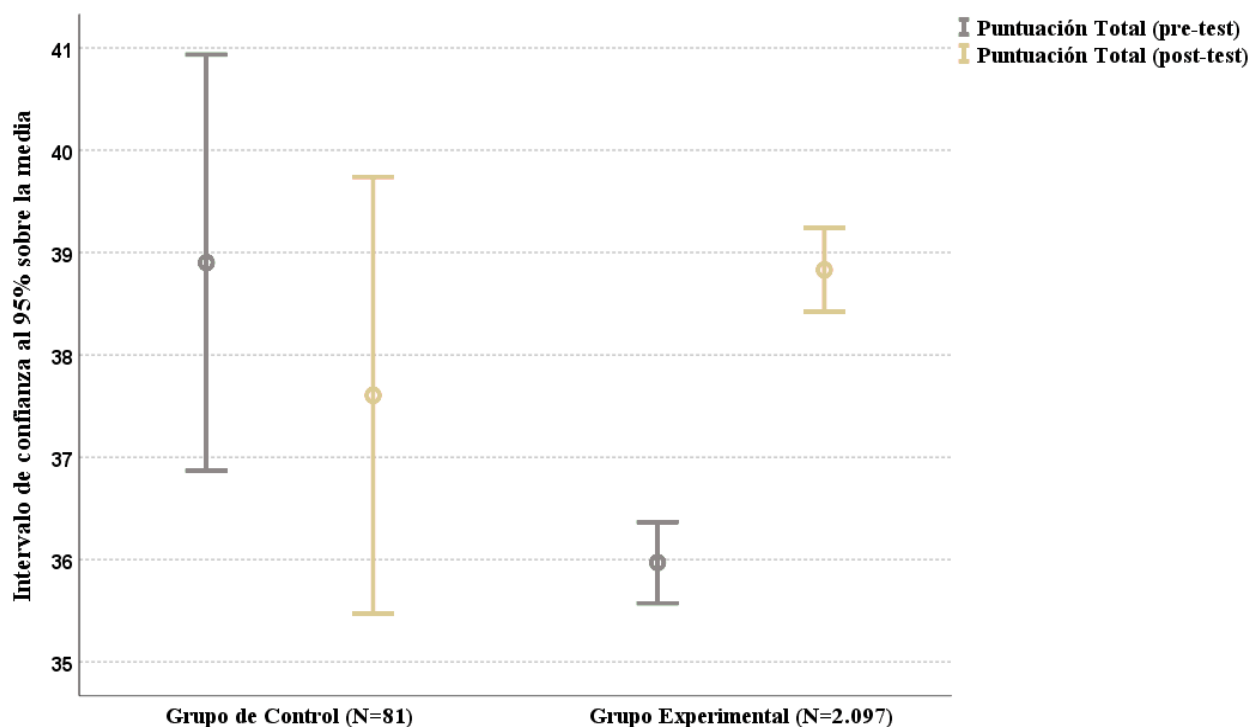


Fig. 5. Barras de error al 95% sobre la media de la BECOMA para los grupos Control y Experimental en pre-test y post-test.

Para calcular la magnitud del impacto de la intervención sobre la competencia matemática, se ha calculado el "tamaño del efecto" (d) (Morris, 2007), tal como se detalla en la Tabla 5. Así, el tamaño del efecto calculado es $d=0,449$. Si bien este valor indica un efecto moderado (Cohen, 1988), en el contexto de una intervención educativa un valor superior a $d=0,4$ indica que se ha logrado el efecto deseado, de acuerdo con el

barómetro de influencia de Hattie (2009).

Tabla 5

Cálculo del tamaño del efecto (d) de la intervención sobre la competencia matemática

	Grupo de Control		Grupo Experimental	
N	81		2.097	
Momento	Pre-test	Post-test	Pre-test	Post-test
Media	38,90	37,60	35,97	38,83
Desviación típica	9,193	9,650	9,261	9,588
Tamaño del efecto (d)			0,449	

Discusión

Al ser este estudio una implementación del proyecto ScratchMaths previamente realizado en Reino Unido, se entiende necesario discutir las diferencias en los resultados entre ambas implementaciones. ¿Cuáles pueden ser los motivos de que en la implementación original no se encontraran evidencias de un impacto positivo sobre la competencia matemática del alumnado participante y en este estudio sí se hayan encontrado?

En primer lugar, debe tenerse en consideración que la implementación realizada en España fue posterior a la británica (Boylan et al., 2018; Noss, Hoyles, Saunders, Clark-Wilson, Benton & Kalas, 2020), lo que permitió conocer qué había funcionado y dónde había margen de mejora. Este es un ejemplo de por qué es valioso que también se publiquen resultados negativos, que en los últimos tiempos han ido desapareciendo del escaparate científico (Fanelli, 2012). Así, nuestro trabajo es una *replicación modificada*, que tiene como objetivo encontrar evidencias científicas de efectos positivos mediante procedimientos ligeramente diferentes (Hayes, Young, Matchett, McCaffrey, & Cochran, 2020).

En este sentido, el proyecto ScratchMaths original se realizó durante dos cursos académicos, y la mejora en la competencia matemática se midió al final del segundo año. Pero el informe de resultados explica que, especialmente durante el segundo año, muchos centros no implementaron el proyecto correctamente, probablemente debido a la presión que el 6º curso sufre con las pruebas SATs (Boylan et al., 2018). Es por ello que en la implementación española se decidió limitar el estudio a un nivel escolar, 5º curso de Educación Primaria. Por tanto, la mejora en la competencia matemática se midió con una prueba concreta desarrollada específicamente para este nivel educativo.

Por otra parte, el informe de resultados original también pone de manifiesto que la implementación mejoró en aquellos centros en los que los docentes tuvieron tiempo para trabajar en los materiales didácticos propuestos, y que esto ocurrió de forma más clara con los docentes que tenían menos familiaridad previa con Scratch (Boylan et al., 2018). Es por ello que para la implementación española se decidió ampliar la formación que recibieron los docentes participantes, pasando de 2 jornadas y media -alrededor de 20 horas- a un curso de 30 horas de duración desarrollado durante tres meses.

Los resultados alcanzados, por tanto, van en línea con investigaciones previas sobre el uso y funcionalidad de la programación con Scratch como recurso educativo (Briceño,

Duarte, & Fernández, 2019; Durango-Warnes & Ravelo-Méndez, 2020), que detectan diferencias en los resultados de aprendizaje del alumnado en función de la experiencia y conocimientos de programación de los docentes (Meerbaum-Salant, Armoni, & Ben-Ari, 2013; Moreno-León & Robles, 2015). En este sentido, la formación docente en conocimientos, metodologías, herramientas y estrategias que favorezcan la educación en informática con su alumnado es fundamental (Malott, 2020; Sierra-Rodríguez & García-Peñalvo, 2015).

Limitaciones

Existen varias limitaciones en este estudio que deben tomarse en consideración. Por un lado, la diferencia en el número de estudiantes que forman parte del grupo experimental y del grupo de control es grande ya que, tras los ajustes y comprobaciones realizadas, el número de sujetos válidos del grupo de control se limitó a 81. Por consiguiente, en próximas implementaciones del estudio sería recomendable contar con un grupo de control de un mayor tamaño. En este sentido, también señalar la tasa baja de supervivencia de la muestra entre momentos de la investigación para ambos grupos de estudiantes, derivada de unas condiciones exigentes establecidas para un adecuado desarrollo de la investigación según los objetivos propuestos.

Por otra parte, aunque el gran número de estudiantes participantes en el grupo experimental que pertenecían a 200 centros educativos repartidos por 16 Comunidades Autónomas y 2 Ciudades Autónomas, es uno de los puntos fuertes del trabajo, también tuvo una consecuencia negativa. Y es que ha impedido a los investigadores visitar personalmente las aulas para supervisar la realización de las pruebas. Si bien se envió a los centros participantes información por escrito en diferentes comunicados con explicaciones precisas que guiaban paso a paso el procedimiento, lo cierto es que no existe certeza de que docentes y estudiantes hayan respetado todas las instrucciones. Por ejemplo, podría ocurrir que en algunas aulas se hubiera permitido al alumnado realizar las pruebas durante más tiempo que en otras. No obstante, tanto los responsables del proyecto en el Ministerio de Educación y Formación Profesional como los propios investigadores realizaron un acompañamiento telemático para resolver todas las dudas que surgieron durante el proyecto y tratar de que la implementación fuera lo más uniforme posible.

Por último, tampoco se dispone de información precisa sobre el número de actividades del currículo propuesto que cada docente llevó a la práctica con su alumnado. En las encuestas de satisfacción que el Ministerio de Educación y Formación Profesional envió a los docentes participantes se preguntaba al respecto, y las respuestas ofrecen un panorama poco homogéneo. Así, teniendo en cuenta que las actividades estaban repartidas en tres módulos, las encuestas indican que alrededor del 50% de los centros se quedaron en el módulo 1, cerca de la otra mitad llegó al módulo 2, y muy pocos centros llegaron hasta el tercer módulo. Sin embargo, al no conocer cuántas actividades concretas de cada módulo se habían desarrollado en cada centro, se decidió no tomar en consideración este factor, a pesar de que es evidente que puede tener un impacto sobre el aprendizaje del alumnado.

En suma, parece claro que en futuras intervenciones sería deseable que los investigadores pudieran contar con un mayor control sobre la realización de las pruebas en las aulas, así como sobre el grado de implementación de las actividades del itinerario

de aprendizaje propuesto.

Conclusiones

Los resultados obtenidos indican que es posible mejorar el desarrollo de la competencia matemática del alumnado a través de actividades de programación informática con el lenguaje Scratch en el 5º curso de Educación Primaria. Así, el alumnado del grupo experimental, que trabajó las Matemáticas programando con Scratch, ha mejorado el desarrollo de su competencia matemática en mayor grado que los estudiantes del grupo de control, que han trabajado esta competencia haciendo uso de recursos habituales de esta área que no están relacionados con la programación informática.

En un contexto en el que el pensamiento computacional se considera una habilidad fundamental para la vida en el siglo XXI (Li et al., 2020; Mohaghegh & McCauley, 2016; Bocconi et ál., 2016) y por toda Europa se están dando pasos para incorporar esta habilidad a los planes de estudio de la Educación Primaria (Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari & Engelhardt, 2016), los resultados de este trabajo ofrecen evidencia de la efectividad de desarrollar el pensamiento computacional mediante actividades de programación informática como herramienta educativa al servicio del aprendizaje de las Matemáticas. Este enfoque en el que la programación y el pensamiento computacional se convierten en recursos educativos y se integran en materias ya existentes, se está implantando en diversos países europeos (Bocconi, Chiocciariello & Earp, 2018) y Comunidades Autónomas españolas (INTEF, 2018), contenidos de aprendizaje fundamentales a tener en consideración en la escalada digital que se está produciendo en los centros educativos (Van Dijk, 2020).

Asimismo, se considera apropiado destacar que estos resultados pueden ser de gran interés para la comunidad educativa internacional de cara a la próxima prueba del Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, que en 2021 se centrará en la evaluación de la competencia matemática como materia principal y medirá también el pensamiento computacional del alumnado. Así, el marco de trabajo para la prueba explica que “los estudiantes deben tener y ser capaces de demostrar habilidades de pensamiento computacional mientras aplican la matemática como parte de su práctica de resolución de problemas” (Organisation for Economic Cooperation and Development, 2018, p. 5), un enfoque que consideramos que encaja a la perfección con la intervención presentada en este trabajo.

Presentación del artículo: 28 de junio de 2021
Fecha de aprobación: 3 de noviembre de 2021
Fecha de publicación: 30 de noviembre de 2021

Moreno-León, J., Román-González, M., García-Perales, R., & Robles, G. (2021). Programar para aprender Matemáticas en 5º de Educación Primaria: implementación del proyecto ScratchMaths en España. <i>RED. Revista Educación a Distancia</i> , 21(68). http://dx.doi.org/10.6018/red.485441
--

Financiación

Este trabajo ha recibido financiación pública en el marco de la colaboración firmada entre el Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado (INTEF) del Ministerio de Educación y Formación Profesional, y la Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED), a través del profesor Marcos Román, por el concepto "Elaboración de investigación e informe sobre los resultados obtenidos por el alumnado de la Escuela de Pensamiento Computacional (niveles Primaria y ESO)". Además, este trabajo ha sido financiado por el Gobierno de la Comunidad de Madrid (eMadrid P2018 / TCS4307, cofinanciado por los Fondos Estructurales Europeos -FSE- y FEDER).

Referencias

- Alsina, A., García, M., & Torrent, E. (2019). La evaluación de la competencia matemática desde la escuela y para la escuela. *UNIÓN. Revista Iberoamericana de Educación Matemática*, 55, 85-108.
- Battista, M. T., & Clements, D. H. (1988). A case for a Logo-based elementary school geometry curriculum. *Arithmetic Teacher*, 36(3), 11-17.
<https://doi.org/10.5951/AT.36.3.0011>
- Benton, L., Hoyles, C., Kalas, I., & Noss, R. (2016). Building mathematical knowledge with programming: insights from the ScratchMaths project. In *Constructionism in Action 2016: Conference Proceedings* (pp. 26-33). Suksapattana Foundation: Thung Khru, Thailand.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). *Developing computational thinking in compulsory education-Implications for policy and practice* (No. JRC104188). Joint Research Centre (Seville site).
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., Engelhardt, K., Kampylis, P., & Punie, Y. (2016). Exploring the field of computational thinking as a 21st century skill. *Proceedings of the EDULEARN16*, 16, 4725-4733.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., & Earp, J. (2018). The Nordic approach to introducing Computational Thinking and programming in compulsory education. *Report prepared for the Nordic@ BETT2018 Steering Group*.
- Boylan, M., Demack, S., Wolstenholme, C., Reidy, J., & Reaney, S. (2018). *ScratchMaths: evaluation report and executive summary*. Education Endowment Foundation.
- Briceño, O. L., Duarte, J. E., & Fernández, F. H. (2019). Diseño didáctico para el desarrollo de destrezas básicas de programación por medio del programa Scratch a estudiantes del grado quinto del Colegio Seminario Diocesano de Duitama. *Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada*, 2(34), 180-190.
<https://doi.org/10.24054/16927257.v34.n34.2019.4006>

- Campbell, P. F. (1987). Measuring distance: Children's use of number and unit. *Final report submitted to the National Institute of Mental Health Under the ADAMHA Small Grant Award Program. Grant No. MSMA, 1, R03.*
- Clements, D. H. (1999). The future of educational computing research: The case of computer programming. *Information Technology in Childhood Education Annual, 1*, 147-179.
- Clements, D. H., & Battista, M. T. (1989). Learning of geometric concepts in a Logo environment. *Journal for Research in Mathematics Education, 20*(5), 450-467. <https://doi.org/10.2307/749420>
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences (2nd edition)*. Hillsdale, NJ: Erlbaum.
- Cohen, L., Manion, L., & Morrison, K. (2007). *Research methods in education*. New York: Routledge.
- Comisión Europea (2018). *Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones sobre el Plan de Acción de Educación Digital*. Bruselas: Comisión Europea.
- Durango-Warnes, C., & Ravelo-Méndez, R. E. (2020). Beneficios del programa Scratch para potenciar el aprendizaje significativo de las Matemáticas en tercero de Primaria. *Trilogía Ciencia Tecnología Sociedad, 12*(23), 163-186. <https://doi.org/10.22430/21457778.1524>
- Fanelli, D. (2012). Negative results are disappearing from most disciplines and countries. *Scientometrics, 90*(3), 891-904.
- Fagerlund, J., Häkkinen, P., Vesisenaho, M., & Viiri, J. (2020). Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review. *Comput Appl Eng Educ., 2020*, 1-17. <https://doi.org/10.1002/cae.22255>
- García-Perales, R. (2014). *Diseño y validación de un instrumento de evaluación de la competencia matemática: rendimiento matemático de los alumnos más capaces* [Tesis Doctoral]. Madrid: UNED.
- García-Perales, R., & Jiménez, C. (2016). Diagnóstico de la competencia matemática de los alumnos más capaces. *Revista de Investigación Educativa, 34*(1), 205-219. <https://doi.org/10.6018/rie.34.1.218521>
- García-Perales, R., Jiménez, C., & Palomares, A. (2020). Seguimiento de un grupo de alumnos y alumnas con alta capacidad matemática. *Revista de Investigación Educativa, 38*(2), 415-434. doi: <http://dx.doi.org/10.6018/rie.366541>
- Hamada, R. M. (1986) *The relationship between learning Logo and proficiency in mathematics*. (Tesis Doctoral, Columbia University).

Hattie, J. (2009). *Visible learning*. New York: Routledge.

Hayes, J. R., Young, R. E., Matchett, M. L., McCaffrey, M., & Cochran, C. (Eds.). (2020). *Reading empirical research studies: The rhetoric of research*. New York: Routledge.

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, INTEF (2018). *Programación, robótica y pensamiento computacional en el aula - Situación en España y propuesta normativa*. Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Instituto Nacional de Tecnologías Educativas y de Formación del Profesorado, INTEF (2019). *La Escuela de pensamiento computacional y su impacto en el aprendizaje. Curso escolar 2018-2019*. Madrid: Ministerio de Educación y Formación Profesional.

Jiménez, C., & García-Perales, R. (2013). Los alumnos más capaces en España. Normativa e incidencia en el diagnóstico y la educación. *Revista Española de Orientación y Psicopedagogía*, 24(1), 7-24. <https://doi.org/10.5944/reop.vol.24.num.1.2013.11267>

Johnson-Gentile, K., Clements, D. H., & Battista, M. T. (1994). Effects of computer and noncomputer environments on students' conceptualizations of geometric motions. *Journal of Educational Computing Research*, 11(2), 121-140. <https://doi.org/10.2190/49EE-8PXL-YY8C-A923>

Li, Y., Schoenfeld, A. H., diSessa, A. A., Graesser, A. C., Benson, L. C., English, L. D., Duschl, R. A. (2020). Computational Thinking Is More about Thinking than Computing. *Journal for STEM Education Research*, 3, 1-18. <https://doi.org/10.1007/s41979-020-00030-2>

Maloney, J., Resnick, M., Rusk, N., Silverman, B., & Eastmond, E. (2010). The scratch programming language and environment. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)*, 10(4), 1-15. <http://doi.acm.org/10.1145/1868358.1868363>

Malott, C. (2020). The Sublation of Digital Education. *Postdigital Science and Education*, 2, 365-379. <https://doi.org/10.1007/s42438-019-00083-6>

Meerbaum-Salant, O., Armoni, M., & Ben-Ari, M. (2013). Learning computer science concepts with scratch. *Computer Science Education*, 23(3), 239-264. <https://doi.org/10.1145/1839594.1839607>

Ministerio de Educación y Formación Profesional (2019). *PISA 2018 Programa para la Evaluación Internacional de los Estudiantes. Informe español*. Madrid: Ministerio de y Formación Profesional.

Mohaghegh, D. M., & McCauley, M. (2016). Computational thinking: The skill set of the 21st century. *International Journal of Computer Science and Information Technologies*, 7(3), 1524-1530.

- Moreno-León, J., & Robles, G. (2015). Computer programming as an educational tool in the English classroom: a preliminary study. In *2015 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 961-966). IEEE.
- Moreno-León, J., & Robles, G. (2016). Code to learn with Scratch? A systematic literature review. In *2016 IEEE Global Engineering Education Conference (EDUCON)* (pp. 150-156). IEEE.
- Moreno-León, J., Robles, G., & Román-González, M. (2016). Code to learn: Where does it belong in the K-12 curriculum. *Journal of Information Technology Education: Research*, *15*, 283-303. <https://doi.org/10.28945/3521>
- Moreno-León, J., Robles, G., Román-González, M., & Rodríguez, J. D. (2019). Not the same: a text network analysis on computational thinking definitions to study its relationship with computer programming. *Revista Interuniversitaria de Investigación en Tecnología Educativa*, *7*, 26-35. <https://doi.org/10.6018/riite.397151>
- Morris, S. B. (2007). Estimating Effect Sizes from Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, *11*(2), 364-386. <https://doi.org/10.1177/1094428106291059>
- Noss, R., Hoyles, C., Saunders, P., Clark-Wilson, A., Benton, L., & Kalas, I. (2020). *Constructionism can work: the story of ScratchMaths*. MIT Press.
- Olive, J. (1991). LOGO programming and geometric understanding: An in-depth study. *Journal for Research in Mathematics Education*, *22*(2), 90-111. <https://doi.org/10.5951/jresmetheduc.22.2.0090>
- Organisation for Economic Co-operation and Development (2018). *PISA 2021 Mathematics Framework (Draft)*. Recuperado de <https://cutt.ly/lhYve27>
- Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas*. Basic Books, Inc.
- Papert, S., & Solomon, C. (1972). Twenty Things to Do with a Computer. *Educational Technology*, *12*(4), 9-18. Recuperado de <https://eric.ed.gov/?id=EJ062142>
- Santillán, J. P., Cadena, V. C., & Cadena, M. (2019). Educación Steam: entrada a la sociedad del conocimiento. *Ciencia Digital*, *3*(34), 212-227. doi: <https://doi.org/10.33262/cienciadigital.v3i3.4.847>
- Sierra-Rodríguez, J. L., & García-Peñalvo, F. J. (2015). Informática Educativa y Educación en Informática. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *16*(4), 25-31. doi: <http://dx.doi.org/10.14201/eks20151642531>
- Watt, M. (1982). What is Logo? *Creative Computing*, *8*(10), 112-29.
- Weintrop, D., & Wilensky, U. (2015). To block or not to block, that is the question: Students' perceptions of blocks-based programming. *Proceedings of the 14th*

International Conference on Interaction Design and Children (pp 199-208).
Medford, MA, USA: ACM. <http://dx.doi.org/10.1145/2771839.2771860>

Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.

Van Dijk, J. (2020). *The Digital Divide*. Cambridge, UK: Polity Press.

Voogt, J., Fisser, P., Good, J., Mishra, P., & Yadav, A. (2015). Computational thinking in compulsory education: Towards an agenda for research and practice. *Education and Information Technologies*, 20(4), 715-728. <https://doi.org/10.1007/s10639-015-9412-6>