

Desarrollo de destrezas de pensamiento computacional con actividades desenchufadas para la resolución de problemas matemáticos

Development of computational thinking skills through unplugged activities in mathematical problem-solving

Emilia López-Iñesta¹, María Ros-Esteve², Pascual D. Diago¹
emilia.lopez@uv.es, mre92@hotmail.com, pascual.diago@uv.es

¹Departament de Didàctica de la Matemàtica
Universitat de València
Valencia, España

²Colegio La Encarnación
Sueca (Valencia), España

Resumen- En los últimos años, numerosos estudios han señalado el papel fundamental del Pensamiento Computacional en distintas etapas escolares ya que muchas de las estrategias asociadas a la resolución de problemas como la descomposición, el razonamiento lógico o el diseño de algoritmos están presentes en el Pensamiento Computacional. Este trabajo presenta un estudio exploratorio que indaga en las bondades de una metodología de enseñanza basada en la introducción del Pensamiento Computacional como herramienta para la resolución de problemas de matemáticas con la novedad de utilizar exclusivamente las denominadas actividades desenchufadas desvinculadas de cualquier entorno tecnológico. Las conclusiones indican que la integración de técnicas de pensamiento computacional contribuye positivamente en la predisposición del alumnado hacia el estudio de la asignatura de Matemáticas. Asimismo, supone una mejora en la resolución de problemas, la comprensión de enunciados y la organización y análisis de los datos, aspectos que aseguran la aplicabilidad y transferibilidad a otros contextos, materias o experiencias de innovación docente ya que la identificación de datos relevantes, evaluación y pensamiento crítico o detección de patrones se puede aplicar en áreas como la Física, la Historia o la Música.

Palabras clave: *pensamiento computacional, resolución de problemas, actividades desenchufadas*

Abstract- In recent years, numerous studies have pointed out the fundamental role that Computational Thinking integration can play in different school stages since many of the strategies associated with the resolution of problems such as decomposition, logical reasoning or algorithm design are present in Computational Thinking. This paper presents an exploratory study that investigates the benefits of a teaching methodology based on the introduction of Computational Thinking as a tool for solving math problems, but with the novelty of basing this proposal exclusively on the so-called unplugged activities unlinked from any technological environment. Conclusions indicate that computational thinking techniques contributes positively to the predisposition of students towards the study of the Mathematics subject. Likewise, it implies an improvement of the performance in problem-solving, the understanding of problem statement and the organization and analysis of the data, aspects that ensure the applicability and transferability to other contexts, subjects or innovative teaching experiences since the identification of relevant data, evaluation and critical thinking or pattern recognition can be applied in areas such as Physics, History or Music.

Keywords: *computational thinking, problem solving, unplugged activities*

1. INTRODUCCIÓN

Es sabido que en los niveles de Educación Secundaria la asignatura de matemáticas goza de poca popularidad, como así demuestran las bajas calificaciones y los menores índices de aprobados en relación a otras asignaturas del mismo curso. A su vez, los resultados de los informes PISA muestran un bajo rendimiento de los estudiantes españoles en resolución de problemas matemáticos, con medias inferiores a lo esperado en matemáticas (OECD, 2014). Pese a que está demostrado que factores emocionales pueden afectar al aprendizaje (Ainley, 2006) desencadenando en una animadversión hacia las matemáticas, en este trabajo centraremos nuestra atención en explorar factores externos al estudiante que estén directamente relacionados con la asignatura de matemáticas y su metodología con el objetivo de encontrar en el pensamiento computacional (PC) un punto de partida con el que potenciar la competencia en resolución de problemas matemáticos.

Mediante este estudio exploratorio trataremos de indagar en las bondades de una metodología de enseñanza basada en la introducción del PC como herramienta para la resolución de problemas de matemáticas, pero con la novedad de basar esta propuesta exclusivamente en las llamadas actividades desenchufadas (Brackmann et al., 2017), desvinculadas de cualquier entorno tecnológico.

2. CONTEXTO

A. *El pensamiento computacional y la resolución de problemas de matemáticas*

Desde una perspectiva curricular, la resolución de problemas ocupa una posición privilegiada que establece las capacidades a adquirir durante la etapa de Educación Secundaria. Allí se destaca que la resolución de problemas como contenido y método es un objetivo prioritario, pues las estrategias de resolución de problemas constituyen una de las líneas principales de la actividad matemática y han de ser fuente y soporte principal del aprendizaje del estudiante. El National Council of Teachers of Mathematics (NCTM) establece que la resolución de problemas ha de constituir uno de los elementos centrales de la enseñanza de las matemáticas (NCTM, 2000). Con el fin de establecer un marco instrumental, llamamos proceso de resolución de un problema “a la actividad mental

desplegada por el resolutor desde el momento en que, siéndole presentado un problema, asume que lo que tiene delante es un problema y quiere resolverlo, hasta que da por acabada la tarea” (Puig y Cerdán, 1988; p. 21). Esta actividad puede ser observada, explicada y caracterizada desde muchos puntos de vista y ha sido una de las áreas que más se ha desarrollado en la investigación en educación matemática de la última década (Weber y Leikin, 2016).

En referencia al PC, Wing (2006) indica que este “nos aporta métodos y modelos para resolver problemas y diseñar sistemas que no seríamos capaces de hacer en solitario”. Así, su definición de PC “implica resolver problemas, diseñar sistemas y entender el comportamiento humano basándose en conceptos fundamentales de la computación”. Así, el término PC se desliga de los ámbitos propios de las Ciencias de la Computación, pasando a incorporar aspectos propios de la resolución de problemas, de la búsqueda de estrategias heurísticas y de la creatividad en la búsqueda de soluciones, destrezas y competencias que cualquiera puede desarrollar y aprender. En esta línea, Bocconi, Chiocciariello, Dettori, Ferrari y Engelhardt (2016) redefinen el PC como un proceso de pensamiento, y, por lo tanto, no depende necesariamente de la tecnología propia de las ciencias de la computación.

En la actualidad no existe un consenso sobre las características que implica el término PC (Grover y Pea, 2013), pero sí que queda muy clara su relación con la resolución de problemas pues constituye un enfoque que incluye (al menos) el análisis de datos, la organización lógica de los mismos, la búsqueda de soluciones a modo de secuencia de pasos ordenados, la valoración, identificación e implementación de posibles resoluciones con el fin de obtener la solución más eficiente en relación a los pasos del algoritmo, el uso de recursos en el proceso de resolución, etc. Así, desde un punto de vista clásico de la resolución de problemas, las implicaciones del término PC están directamente relacionadas con los diferentes estadios establecidos para la resolución de problemas definidos por Polya (1957): i) Comprender el problema; ii) Concebir un plan; iii) Ejecutar el plan; y iv) Examinar la solución obtenida. Así, desde la perspectiva de la resolución de problemas, el PC puede ser empleado a modo de instrumento para desarrollar competencia y conocimiento sobre resolución de problemas de matemáticas.

Con todo, conviene recordar que este enfoque de resolución de problemas y de adquisición de competencias matemáticas basado en las características del PC no es nuevo, pues los estudios con el software LOGO de la década de los 70 (Papert, 1981) ya mostraron relación entre este tipo de pensamiento procedimental y procesos de abstracción, razonamiento algebraico y resolución de problemas propios de las matemáticas (Clements, 2000; Hoyles y Noss, 1992).

Autores como Moreno-León, Robles, y Román-González (2017) señalan la escasez de evidencias científicas sobre las implicaciones del PC en los procesos de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, empiezan a ser notables las investigaciones que intentan determinar (cualitativa y/o cuantitativamente) el impacto que tiene el uso de herramientas propias de las ciencias de la computación en el desarrollo las habilidades y procesos matemáticos como la resolución de problemas, el razonamiento abstracto o la producción de algoritmos (por ejemplo, Alberto, Moreno-León, Ester, y Robles, 2015; Diago, Arnau y González-Calero, 2018; Fessakis, Gouli y Mavroudi, 2013; García-Peñalvo y Mendes,

2018; López-Iñesta, Ros-Esteve y Diago, 2019; Román-González, Pérez-González, y Jiménez-Fernández, 2016; Sáez, y Cózar, 2017).

En los últimos años, el uso de la resolución de problemas a través del PC mediante la robótica educativa ha obtenido muy buenos resultados (Tuluri, 2017). No obstante, existen alternativas que permiten desarrollar las competencias en resolución de problemas a partir del PC sin hacer uso de entornos tecnológicos, mediante las llamadas actividades desenchufadas (*unplugged activities*), cuya primera aparición fue a finales de los años 90 a partir de la publicación de Bell, Witten, y Fellows (1998). El uso de este tipo de actividades en el aula ha demostrado aumentar el interés y la motivación tanto en la asignatura de matemáticas como en la de informática (Bell, Alexander, Freeman y Grimley, 2009; Lambert y Guiffre, 2009). Pese a que no hay estudios concluyentes, trabajos como los de Brackmann et al. (2017), Rodríguez, Stephen, Rader, y Camp (2017) o Thies y Vahrenhold (2013) muestran cómo los estudiantes son capaces de aprender habilidades propias del PC a partir de actividades desenchufadas de forma tan eficaz como a partir de enfoques más convencionales.

B. Propósito de la investigación

Hemos fundamentado en la introducción cómo algunas actividades propias del PC pueden tener efectos sobre el desarrollo del pensamiento lógico y de competencias propias de la resolución de problemas de matemáticas. Así, nos planteamos la siguiente **pregunta de investigación**: ¿Cómo influye en el éxito de la resolución de problemas matemáticos el uso de secuencias de enseñanza basadas en actividades desenchufadas orientadas al desarrollo del PC?

En base a esta pregunta desarrollamos los siguientes objetivos para poder dar respuestas plausibles mediante un estudio exploratorio:

- **Objetivo 1.** Comprobar si secuencias de enseñanza propias del PC resultan una estrategia útil para enfrentarse a los problemas matemáticos.
- **Objetivo 2.** Introducir en la asignatura de matemáticas metodologías alternativas, basadas en el PC, con la finalidad de estimular y motivar al alumnado.
- **Objetivo 3.** Integrar el pensamiento crítico y reflexivo en el proceso de la resolución de problemas, la valoración de los pasos seguidos y en la evaluación de los resultados obtenidos.

3. DESCRIPCIÓN

Muestra

En el presente estudio han participado un total de 48 alumnos y alumnas, todos ellos estudiantes de 3º de Educación Secundaria Obligatoria de un colegio concertado de la localidad de Torrent (Valencia) durante el curso académico 2018/2019.

La distribución de los participantes en los grupos es de 26 para el grupo experimental (54.2% de toda la muestra) y 22 en el grupo control (45.8% de toda la muestra). De los 48 participantes, un 48% del total son mujeres (23).

Diseño de la investigación

Los estudiantes se dividen en dos grupos, experimental (cuyos integrantes seguirán la formación en PC en el aula de Matemáticas) y control (que trabajará la asignatura de

matemáticas sin la formación de PC). La asignación de los estudiantes a cada uno de los grupos no es aleatoria, ya que para mantener el funcionamiento habitual de las clases en el centro se debía trabajar con cada grupo-clase de manera completa. Por tanto, el estudio se desarrolla mediante un diseño de tipo cuasiexperimental con medidas Pre-test y Post-test en los dos grupos para poder establecer las comparaciones necesarias.

Metodología

Para llevar a cabo el estudio se ha utilizado una metodología de carácter mixto cuantitativo-cualitativo empleando como herramienta de recogida de información una prueba de evaluación tradicional de contenidos y un cuestionario. Con la ayuda de esta metodología mixta se ha logrado la triangulación de métodos elaborando la comparación de los resultados cualitativos y los resultados cuantitativos y aproximando el estudio a dos puntos de vista diferentes logrando una visión más realista del mismo.

Descripción de la intervención

En primer lugar, se llevó a cabo la misma prueba de evaluación (Pre-test) en los grupos control y experimental con el objetivo de analizar la situación de partida del estudiantado. La prueba abarca tres contenidos del currículum del bloque de álgebra y números que ya se habían estudiado con anterioridad:

- Interés simple.
- Proporcionalidad directa e inversa y porcentajes, aumento y descuento.
- Resolución de problemas mediante ecuaciones y sistemas.

Algunos ejemplos de los problemas planteados al alumnado se pueden leer en la Tabla 1:

Tabla 1. Ejemplo de problemas planteados

P1. El valor de un polinomio $P(x)$ para $x = 1$ es 5. El cociente de este polinomio entre $(x - 1)$ es $(x - 2)$. ¿De qué polinomio se trata?

P2. Calcula el capital que hay que colocar en un depósito con interés simple al 25% durante 10 años para obtener unos intereses totales de 1.100€.

P3. El precio de los tomates ha sufrido distintas variaciones, ya que últimamente no llueve y se trata de una planta de regadío. A principios de junio el precio de un kilo de tomates era de 2,10 €. Cuando Julia fue a finales de junio a comprar su precio había aumentado un 10%. En el mes de julio, para su fiesta de cumpleaños fue a comprar más tomates y se dio cuenta de que había aumentado el precio otra vez un 17%, respecto el mes de junio. En el mes de agosto finalmente el precio bajó un 8% sobre el precio del mes en el que Julia compró los tomates para su fiesta de cumpleaños. ¿Cuál era el precio de los tomates en el mes de agosto? ¿Cuál fue el porcentaje de subida de los tomates entre junio y agosto?

Como se puede observar, se trata de plantear al estudiantado problemas sencillos, pero también problemas con un enunciado más largo de lo habitual para trabajar la comprensión por parte del alumnado y con el objeto de incluir datos que realmente interesan para la resolución de los problemas (que denominamos atractores), pero también información superflua (que llamaremos distractores).

La intervención duró 3 sesiones. En estas, el grupo control trabajó en la asignatura de Matemáticas los tipos de problemas antes señalados, mientras que el grupo experimental recibió formación sobre PC a través de las siguientes destrezas (D_i) presentes en las secuencias características del PC y que se encuentran en los objetivos de este trabajo enunciados anteriormente.

- **D1.** Comprensión y descripción del enunciado de un problema
- **D2.** Identificación de los datos relevantes y no relevantes en la resolución de un problema
- **D3.** Descomposición de un problema en distintas tareas más sencillas y lógicas
- **D4.** Empleo de algoritmos que conduzcan a la resolución del problema
- **D5.** Evaluación y pensamiento crítico sobre el proceso llevado a cabo

La instrucción sobre PC tiene como fin tratar de introducir en el alumnado competencias relacionadas con la computación que mejoren los procesos cognitivos presentes en la resolución de problemas. Con el objeto de poner en práctica estas destrezas, en las sesiones se realizaron actividades desenchufadas, es decir, desvinculadas de entornos tecnológicos (Imagen 1).

En particular, en la sesión I, el alumnado del grupo experimental debía adoptar roles distintos: una parte de la clase sería un brazo mecánico que realizaba una serie de movimientos para hacer una figura mientras que parte restante serían los programadores del brazo mecánico. Mediante un conjunto de instrucciones sencillas escritas en un papel se indicaba a los compañeros, que actuaban como brazo mecánico, una serie de órdenes que debían ser ejecutadas para formar la figura que las y los estudiantes que actuaban como programadores habían diseñado.



Imagen 1. Actividades desenchufadas

Una vez los conceptos relacionados con PC fueron expuestos y comprendidos, el alumnado debía demostrar que había adquirido las destrezas descritas anteriormente aplicándolas a la resolución de problemas matemáticos en las sesiones II y III. Para ello, se trabajó mediante una dinámica de trabajo cooperativo extraída de Biondi (2016) que presenta en su trabajo una guía para diseñar y gestionar una red de aprendizaje cooperativo. Esta dinámica llamada “1- 2- 4” combina el trabajo individual, en parejas y en pequeños grupos.

Así las alumnas y los alumnos comienzan la actividad realizando una tarea individual: la lectura de un problema y la localización de aquellos datos atractores y distractores. Una vez esta tarea había sido finalizada, el estudiantado en parejas debía comparar los datos identificados y formular el algoritmo que da solución al problema. Por último, los grupos conformados por 4 miembros (2 parejas) comparan el algoritmo definido por cada pareja llegando a un acuerdo y lo desarrollan obteniendo

una solución. Deben reflexionar de manera crítica sobre el proceso seguido y valorar si los resultados tienen sentido y si hay otras posibilidades de resolución del problema.

Una vez la dinámica se ha llevado a cabo, se realiza otra prueba de evaluación escrita (Post-test) de problemas similares a la prueba inicial en los dos grupos. El grupo experimental debe aplicar necesariamente en la resolución de los problemas las destrezas trabajadas sobre PC mientras que el grupo de control debe resolver dicha prueba de manera convencional.

Recogida de datos

La prueba escrita en los grupos control y experimental, antes y después de la intervención, será el instrumento empleado para la recogida de datos cuantitativos.

Para poder realizar un análisis de datos cualitativos, el alumnado del grupo experimental ha respondido un breve cuestionario (tabla 2) para valorar la experiencia y estudiar cómo ha influido la integración de una nueva metodología en el aula de matemáticas.

Tabla 2. Cuestionario de preguntas

1. ¿Te ha aportado algo nuevo conocer la existencia del PC?
2. ¿Destacarías algo de la sesión?
3. ¿Crees que puede tener alguna aplicación lo visto en la sesión del PC con tu vida diaria o con tu futuro?
4. Valora del 1 al 10 la sesión de PC

4. RESULTADOS

La comparación de los resultados de las pruebas Pre-test y Post-test permite analizar la adquisición de competencias relacionadas con la resolución de problemas. En el caso del grupo experimental, la comparación de los resultados proporcionó una evaluación del efecto que la formación en PC puede tener en el estudiantado sobre la resolución de problemas.

En la Tabla 3 se muestra un breve análisis descriptivo de los datos del Pre-test, Post-test y la diferencia entre el Pre y Post.

Tabla 3. Medias y desviaciones típicas por grupo y género

	n	Pre-test		Post-test		Dif (ganancia)	
		M	SD	M	SD	M	SD
G. Exp	24	5.33	2.23	5.86	1.65	0.53	2.03
Chicas	12	5.74	2.30	6.60	1.83	0.86	2.03
Chicos	12	4.96	2.19	5.24	1.21	0.28	2.07
G. Cont	22	5.59	1.71	5.50	1.60	-0.09	2.02
Chicas	11	6.1	1.88	5.1	1.56	-1.00	2.17
Chicos	11	5.1	1.45	5.9	1.60	0.80	1.40

Se puede ver que las situaciones de partida de los grupos en el Pre-test no son muy diferentes, aunque la puntuación es ligeramente superior en el grupo control con respecto al grupo experimental. Los resultados del Post-test sugieren una mejora en el grupo experimental, mientras que el grupo control obtiene aproximadamente la misma puntuación. La Figura 1 muestra gráficamente algunos de los patrones detectados en la Tabla 3: se puede observar cómo en el grupo experimental las chicas obtienen un mejor rendimiento tanto en la prueba Pre como en

la prueba Post, pero curiosamente esta situación cambia en el grupo control, donde las chicas tienen un mejor rendimiento en la prueba Pre y empeoran en la prueba Post y son los chicos los que tienen un desempeño superior en la prueba Post.

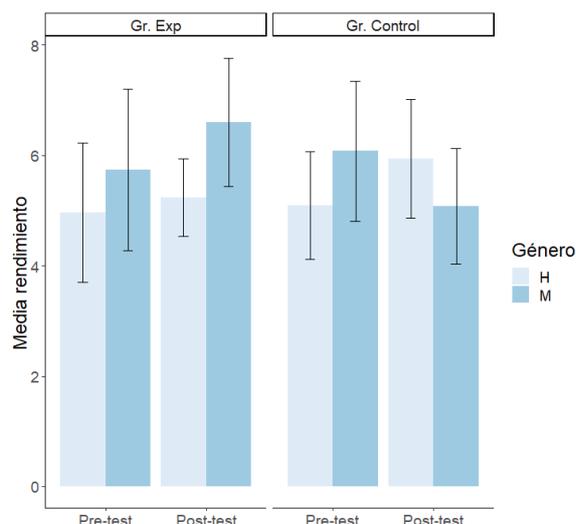


Figura 1. Media del rendimiento en las pruebas escritas en Pre-test y Post-test por género y Grupo

Un aspecto importante que comprobar es si realmente los niveles iniciales de los participantes en cuanto a la resolución de problemas son comparables. Para ello, haremos un contraste de medias de grupos independientes sobre el resultado de la prueba Pre-test teniendo en cuenta el género y el grupo de pertenencia del alumnado (control, experimental). En primer lugar, se ha de comprobar si los datos cumplen los requisitos para llevar a cabo una prueba paramétrica o si por el contrario se debe proceder con una prueba no paramétrica. Los resultados de las pruebas de normalidad de Shapiro-Wilk indican que no se puede rechazar la hipótesis nula de la normalidad de los datos tanto en el grupo control como experimental ($p > 0.05$) y en el grupo de chicas y chicos ($p > 0.05$). Sin embargo, al no tener una muestra grande, se debe tener cautela en cuanto a estos resultados y realizaremos pruebas paramétricas y no paramétricas de contrastes de medias para comprobar si se llega a las mismas conclusiones. En cuanto a los resultados de las pruebas de Levene, se obtiene la homocedasticidad de los datos tanto en los grupos formados por la variable género como la variable grupo ($p > 0.05$).

El análisis estadístico no mostró diferencias iniciales significativas en la capacidad de resolución de problemas de las y los participantes en función del género ($t = -1.54$, $p = 0.1307$). Tampoco se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos ($t = -0.46$, $p = 0.6488$). Se reportan los resultados de la prueba T-student que coinciden con la prueba no paramétrica de Wilcoxon.

Una vez se tiene que la situación de partida es comparable, se procede a estudiar si ha existido una ganancia entre el Post-test y el Pre-test. De nuevo se obtiene que puede asumirse que los datos cumplen los supuestos de normalidad y homocedasticidad ($p > 0.05$) en los grupos formados por la variable género y grupo.

Los análisis establecen que las puntuaciones de ganancia en el grupo de control no fueron significativamente diferentes de las del grupo experimental ($t = 1.0633$, $p = 0.2933$), por tanto,

no es posible rechazar la hipótesis nula que establece que la formación basada en PC no fomenta mayores ganancias en la resolución de problemas en relación a la clase tradicional.

Con respecto a los resultados de la ganancia en cuanto a la variable género, se obtienen resultados no estadísticamente significativos ($t = 0.92852$, $p = 0.3585$). Sin embargo, si nos fijamos en la ganancia para las chicas entre el grupo control ($M = -1.00$, $SD = 2.17$) y el experimental ($M = 0.86$, $SD = 2.03$), los resultados sí son estadísticamente significativos ($t = 2.1164$, $p\text{-value} = 0.04$) aunque es cierto que el p -valor es cercano al valor del nivel de significatividad 0.05. Los resultados del grupo de chicos en el grupo experimental ($M = 0.28$, $SD = 2.07$) comparados con el del grupo control no son estadísticamente significativos ($t = -0.81899$, $p\text{-value} = 0.4213$).

Para completar los resultados anteriores, analizamos las respuestas del alumnado al cuestionario planteado en el grupo experimental. Entre las opiniones recogidas (ejemplos en las Imágenes 2, 3 y 4), destacan aquellas que comentan la utilidad para la resolución de problemas que tiene el PC a la hora de organizar la información disponible en el enunciado y discernir entre datos relevantes y superfluos. Este ha sido uno de los aspectos más señalados ya que gran parte del alumnado suele tener problemas en entender qué se les está preguntando y qué datos son los necesarios para resolver el problema. Por otro lado, hay estudiantes que comentan que esta experiencia les ha servido para razonar y valorar distintas alternativas al enfrentarse a un problema, ya que a menudo los realizan de manera mecánica y automática sin valorar otras opciones.

Otra de las cosas que señalan está relacionada con la actividad del brazo mecánico ya que se salía de lo habitual y llamó mucho la atención del estudiantado que la realizó de forma muy activa y participativa.

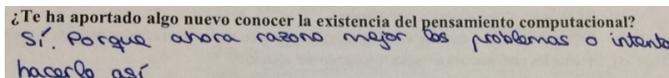


Imagen 2. Respuesta del alumnado a pregunta 1 del cuestionario

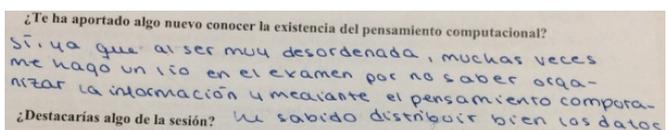


Imagen 3. Respuesta del alumnado a pregunta 1 del cuestionario

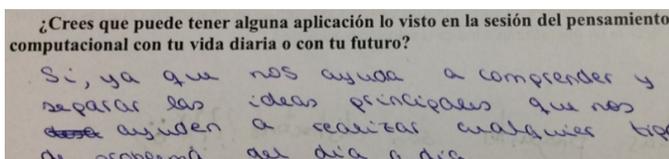


Imagen 4. Respuesta del alumnado a pregunta 3 del cuestionario

5. CONCLUSIONES

En los últimos años, el PC está siendo integrado en las aulas para desarrollar competencias relacionadas con las nuevas tecnologías y la computación, pero también debido a su relación con el pensamiento lógico y la resolución de problemas (García-Peñalvo y Mendes, 2018; Growery Pea, 2013).

La evaluación del rendimiento del alumnado nos permite afirmar que estos obtienen mejores calificaciones cuando identifican los datos relevantes del problema a abordar y, por tanto, introducen en los algoritmos las cifras correctas.

Los principales problemas detectados tras la revisión de las pruebas realizadas están basados en la dificultad que encuentra el estudiantado en discernir qué datos son relevantes para la resolución del problema, así como en el desarrollo del algoritmo que conduce a la solución del problema planteado.

Al analizar los resultados cuantitativos y cualitativos de las opiniones del alumnado, además de obtener una leve mejora en las calificaciones del alumnado, se ha visto una muy buena aceptación del contenido explicado en el aula sobre PC y las actividades desenchufadas realizadas. Esto nos hace plantearnos que, si este estudio se realizara con un espacio de tiempo más extenso y con actividades asistidas por ordenador con software específico que añadan complejidad y mejoren las destrezas del alumnado en el ámbito tecnológico, se obtendrían mejores resultados ya que según Resnick et al. (2009), un correcto desarrollo del concepto de PC debe ser complementado con un proceso de programación y aprendizaje guiado.

Transferibilidad a otros contextos

A lo largo de este trabajo se han señalado investigaciones que ponen de manifiesto que las actividades propias del PC tienen efectos sobre los procesos cognitivos presentes en la resolución de problemas. Pero, además, aplicar el PC en el aula permite trabajar competencias necesarias en Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) fomentando el desarrollo de habilidades de computación y codificación de las y los estudiantes a través de enfoques de programación, aplicaciones, robots o dispositivos móviles.

En el momento actual en el que las predicciones indican que tecnologías como el Internet de las Cosas, el *Big Data* o la Inteligencia Artificial transformarán profundamente la sociedad y el mercado laboral, la transferencia del PC resulta clave no solo en asignaturas como Matemáticas sino en todo el currículum en el que deben formarse las y los estudiantes.

Por otro lado, el PC está estrechamente relacionado con la comprensión de cualquier enunciado, la indagación, la generación de hipótesis y la evaluación de los resultados obtenidos. Esto es aplicable en todo tipo de materias o asignaturas ya que la identificación de datos relevantes o superfluos, la evaluación y pensamiento crítico o la detección de patrones se puede aplicar en áreas como la Física, la Medicina, la Arqueología, la Historia o la Música.

Recomendaciones de aplicación

Después de esta experiencia, una de las recomendaciones a considerar sería integrar el PC en la metodología empleada durante todo el curso escolar y diseñar actividades que permitan trabajar de manera simultánea y multidisciplinar en varias asignaturas incluyendo materias tanto del ámbito científico como de ciencias sociales, humanísticas o artísticas.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado con el proyecto de innovación educativa UV-SFPIE_GER18-848319, el proyecto GV/2019/146 de la Conselleria d'Innovació, Universitats, Ciència i Societat Digital de la Comunitat Valenciana y el proyecto RTI2018-095820-B-I00 (MCIU/AEI/FEDER, UE).

REFERENCIAS

Ainley, M. (2006). Connecting with Learning: Motivation, Affect and Cognition in Interest Processes. *Educational Psychology Review*, 18(4), 391–405.

- Alberto, L., Moreno-León, J., Ester, H., y Robles, G. (2015). Developing Mathematical Thinking with Scratch. An Experiment with 6th Grade Students. En G. Conole, T. Klobučar, C. Rensing, J. Konert, y É. Lavoué (Eds.), *Design for Teaching and Learning in a Networked World. 10th European Conference on Technology Enhanced Learning, EC-TEL 2015* (Vol. XX, 649, p. 208). Toledo, Spain: Springer.
- Bell, T., Witten, I. H., y Fellows, M. (1998). *Computer Science Unplugged... Off-Line Activities and Games for All Ages*. Recuperado de <http://unplugged.canterbury.ac.nz>
- Bell, T., Alexander, J., Freeman, I. y Grimley, M. (2009). Computer science unplugged: School students doing real computing without computers. *The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology*, 13(1), 20-29.
- Biondi, F. Z. (2016). *Guía para diseñar y gestionar una red de aprendizaje cooperativo*. Madrid: Colectivo cinética.
- Bocconi, S., Chiocciariello, A., Dettori, G., Ferrari, A., & Engelhardt, K. (2016). Developing computational thinking in compulsory education. Implications for policy and practice, *European Commission, JRC Science for Policy Report*.
- Brackmann, C. P., Román-González, M., Robles, G., Moreno-León, J., Casali, A., y Barone, D. (2017). Development of Computational Thinking Skills through Unplugged Activities in Primary School. En *Proceedings of the 12th Workshop on Primary and Secondary Computing Education - WiPSCE '17* (pp. 65–72). Nijmegen, Netherlands.
- Clements, D. H. (2000). From exercises and tasks to problems and projects unique contributions of computers to innovation mathematics education. *Journal of Mathematical Beh.*, 19(1), 9–47.
- Diago, P. D., Arnau, D., y González-Calero, J. A. (2018). La resolución de problemas matemáticos en primeras edades escolares con Bee-bot. *Matemáticas, Educación y Sociedad*, 1(2), 35–50.
- 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.
- García-Peñalvo, F. J., y Mendes, A. J. (2018). Exploring the computational thinking effects in pre-university education. *Computers in Human Behavior*, 80, 407–411.
- 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.
- Hoyle, C., y Noss, R. (1992). *Learning Mathematics & Logo*. Cambridge: MIT Press.
- Lambert, L. y Guiffre, H. (2009). Computer science outreach in an elementary school. *Journal of Computing Sciences in colleges*, 24(3), 118–124.
- López-Iñesta, E., Ros-Esteve, M. y Diago, P.D. (2019). Medición del impacto del Pensamiento Computacional en la resolución de problemas con herramientas de gamificación. *Actas V Jornadas JSVE Buenas prácticas en el proceso de enseñanza-aprendizaje*. Valencia, España. Recuperado de https://www.uv.es/piclickers/cas/Menu_JSVE.wiki
- Moreno-León, J., Robles, G., y Román-González, M. (2017). Programar para aprender en Educación Primaria y Secundaria: ¿qué indica la evidencia empírica sobre este enfoque? *Revista en investigación en docencia universitaria de la informática*, 10(2), 45-51.
- NCTM (National Council of Teachers of Mathematics) (2000). *Principles and standards for school mathematics*. Reston, VA: National Council of Teachers of Mathematics.
- OECD (2014). *PISA 2012 Results: Creative problem solving: Students' skills in tackling real-life problems* (Volume V). Paris: OECD Publishing.
- Papert, S. (1981). *Mindstorms: Children, Computers and Powerful Ideas*. New York: Basic Books.
- Polya, G. (1957). *How to Solve It* (2nd ed.). Princeton, NJ: Princeton University Press.
- Puig, L., y Cerdán, F. (1988). *Problemas aritméticos escolares*. Madrid: Síntesis.
- Rodríguez, B., Stephen, K., Rader, C., y Camp, T. (2017). Assessing Computational Thinking in CS Unplugged Activities. En *Proceedings of the 2017ACMSIGCSE Technical Symposium on Computer Science Education. ACM*, Seattle, Washington, USA, 501–506.
- Román-González, M., Pérez-González, J. C., y Jiménez-Fernández, C. (2016). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. *Computers in Human Behavior*, 72, 678-691.
- Resnick, M., Maloney, J., Monroy Hernández, A., Rusk, N., Eastmond, E., Brennan, K., . . . Kafai, Y. (2009). Scratch: Programming for all. *Communications of the ACM*, 52(11), 60-67.
- Sáez, J. M., y Cózar, R. (2017). Pensamiento computacional y programación visual por bloques en el aula de Primaria. *Educación*, 53(1), 129–146.
- Thies, R. y Vahrenhold, J. (2013). On plugging "unplugged" into CS classes. En *Proceeding of the 44th ACM Technical Symposium on Computer Science Education. ACM Press*, Denver, Colorado, 365–370.
- Tuluri, F. (2017). STEM Education by Exploring Robotics. En M. S. Khine (Ed.), *Robotics in STEM Education: Redesigning the Learning Experience* (pp. 195–209). Springer International Publishing.
- Weber, K., y Leikin, R. (2016). Recent advances in research on problem solving and problem posing. En A. Gutiérrez, G. C. Leder, y P. Boero (Eds.), *The Second Handbook of Research on the Psychology of Mathematics Education* (pp. 353–382). Rotterdam: Sense Publishers.
- Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, 49(3), 33-35.