Ediciones Universidad Salamanca

Aula
Revista de Pedagogía
https://revistas.usal.es/tres/index.php/0214-3402

Diseño y mejora de actividades de iniciación al pensamiento computacional en el aula de matemáticas

Designing and Improving Activities of Initiation to Computational Thinking in the Mathematics Classroom

Gregorio Arjona-Aranda
Universidad de Málaga. España
https://orcid.org/0000-0002-4864-3051 gregorio32@uma.es

Silvia Natividad Moral-Sánchez(*)
Universidad de Málaga. España
https://orcid.org/0000-0002-0200-3569 silviamoral@uma.es

Cristina Sánchez-Cruzado
Universidad de Málaga. España
https://orcid.org/0000-0002-2871-4289 cristinasanchez@uma.es

Antonio Ruano-Cano
Universidad de Málaga, España
https://orcid.org/0009-0001-4858-0580 antonioruanocano@uma.es

ARTICLE INFO

Palabras clave
Educación matemática; pensamiento computacional; experiencias desconectadas; educación primaria; patrones.

RESUMEN

Este documento muestra una experiencia de innovación didáctica enmarcada en el currículo del área de matemáticas para el desarrollo de habilidades de pensamiento computacional. Para ello se realiza un experimento de enseñanza, desarrollado en cuatro sesiones en cuarto y quinto de educación primaria. En ellas se exponen una serie de tareas desconectadas, llevadas a cabo con material manipulativo con el juego *Turing Tumble*. Se plantea una secuencia de tareas que ofrecen al alumnado actividades de creación y depuración de algoritmos y reconocimiento de patrones a través de retos realizados con este simulador mecánico. Se describen las tareas diseñadas y se analiza si son pertinentes o no a partir de las respuestas del alumnado organizados en parejas o tríos homogéneos. Se detalla el protocolo seguido para depurar las tareas presentadas al alumnado. Se toma conciencia de que el orden y el tipo de tareas contribuyen de diferente forma al desarrollo de destrezas de pensamiento computacional, permitiendo la creación, el testeo, la depuración y la optimización eficiente de algoritmos. Con este proceso, se consigue mejorar las actividades planteadas para un próximo ciclo de la investigación.

Keywords
Mathematical education; computational thinking; unplugged experiences; primary education; patterns.

ABSTRACT

This document shows an experience of innovation in education framed in the mathematics curriculum aiming to the develop computational thinking abilities. To do so, we undertake a teaching experiment in four sessions at fourth and fifth grades. We expose the students to various unplugged tasks with manipulative materials with the board game *Turing Tumble*. A sequence of

(*) Autor de correspondencia / Corresponding author

Recibido, 27/09/ 2024. Revisado, 14/10/2024. Aceptado, 30/11/2024. Publicado, 06/06/2025
e-ISSN: 2174-0925

tasks is set out, offering students activities to create, test and debug algorithms, and recognize patterns through different challenges given with this mechanical simulator. We describe the different tasks and analyze whether they are relevant based on the students' answers, organized in pairs or groups of three. We detail the protocol we followed to debug the exercises given to the students. We pay attention to how the order and the type of challenges contribute differently to develop computational thinking skills, allowing algorithm creation, testing, debugging and efficient optimization. This process improves the planned activities for the following investigation cycle.

1. Introducción

En el Real Decreto 157/2022 se destaca la importancia de la inclusión del pensamiento computacional (PC) en el área de matemáticas. Por otro lado, la Orden del 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Primaria, señala una estrecha relación entre el pensamiento computacional y el matemático en cuanto a la necesidad de resolver problemas y plantear procedimientos asociados a dicha resolución. Autores como Brennan y Resnick (2012) apoyan este enfoque, dando importancia al proceso de abstracción que resulta de resolver algoritmos y problemas matemáticos. El pensamiento matemático y el pensamiento computacional comparten un enfoque común al abordar nuevas situaciones: ambos implican el desarrollo de habilidades específicas para resolver problemas. Mientras el pensamiento matemático se fundamenta en las destrezas propias de las matemáticas, como el razonamiento lógico, la abstracción y la modelización, el pensamiento computacional se apoya en habilidades de las ciencias de la computación, como la descomposición, la identificación de patrones y la construcción de algoritmos (Sneider *et al*., 2014).

Es importante abordar el PC en educación primaria y es habitual encontrarlo en distintas situaciones de la vida cotidiana, pudiéndose modelizar matemáticamente (Wing, 2008). Según afirman Santaengracia *et al*. (2023), el profesorado no se siente preparado para llevar este pensamiento a las aulas de educación primaria, esto implica la necesidad de su formación en este campo y de aportar propuestas educativas que puedan ser referentes y que sirvan de inspiración y ejemplo. Es interesante proponer situaciones de aprendizaje para poder introducir el PC en el aula. En la literatura, se suelen encontrar recursos que lo trabajan con ordenadores o herramientas digitales (Cabra Páez y Ramírez Gamboa, 2022). Pero, como indican Kotsopoulos *et al*. (2017), resulta más interesante y necesario para su desarrollo el introducir este pensamiento desde una perspectiva desconectada *(unplugged)*.

El presente trabajo amplía la experiencia documentada en un estudio de caso previo (Ayala-Altamirano *et al*., 2024), replicando el protocolo diseñado en dicha experiencia ahora en dos aulas de educación primaria. Se desarrolla un experimento de enseñanza en el que se lleva a cabo una propuesta didáctica, donde se usa como recurso el juego *Turing Tumble*. Se propone una secuencia de tareas que promueven la creación y la depuración de algoritmos y el reconocimiento de patrones por parte del alumnado, a través de desafíos interactivos con este simulador mecánico. El objetivo principal de este trabajo es analizar y mejorar la secuencia de tareas implementadas, evaluando su viabilidad en otros contextos educativos mediante el análisis de las respuestas del alumnado. Además, se desea comprobar si el protocolo permite recoger datos pertinentes para el propósito de esta investigación, posibilitando analizar en profundidad la experiencia, las interacciones y las reflexiones del alumnado en relación con las tareas propuestas.

2. Marco teórico

2.1. Pensamiento computacional

Desde la década del 1960, ha ido incrementando el interés por el pensamiento computacional (Arrifano Tadeu y Brigas, 2022), y documentos como los de Papert (1972) muestran la importancia que tiene trabajarlo en los centros de primaria y de secundaria. A partir del 2006 emergió un movimiento para dar visibilidad a este pensamiento, pero aún hoy en día no existe una definición consensuada (Denning y Tedre, 2019). Wing (2006) trató de concretar una definición mezclando los conceptos de resolución de problemas, diseño de sistemas y el entendimiento del comportamiento humano relacionado con las ciencias de la computación. De igual manera esta autora muestra las similitudes con el pensamiento matemático, en cuanto a que se pueden realizar estrategias de modelización y resolución de problemas en ambos y la necesidad de abstraer nociones que van más allá de la dimensión física (Wing, 2008).

En esta misma línea, se propone una definición de PC como el proceso por el que se reconocen los aspectos de la computación en el mundo que nos rodea aplicando herramientas y técnicas computacionales para entender y razonar sobre los procesos y los sistemas naturales y artificiales (Furber, 2012; Sarmiento-Bolivar, 2019). Desarrollar habilidades propias del PC implica la descomposición, la creación de algoritmos, la abstracción, la evaluación y el reconocimiento de patrones (Selby y Woolland, 2014).

Por otro lado, Grover y Pea (2013) contribuyen a las definiciones anteriores con la afirmación de que el PC se aborda desde un enfoque informático, dando mayor importancia a la consecución de la abstracción. A su vez, dividen los elementos del PC desde dos puntos de vista (Grover y Pea, 2018):

- Desde los conceptos, que incluyen el pensamiento lógico, los algoritmos, el reconocimiento de patrones, la abstracción y la generalización, la evaluación y la automatización (pensando siempre en que se debe aplicar un resultado a una máquina).
- Desde la práctica, donde el PC permite descomponer problemas, crear artefactos computacionales (considerando un *artefacto computacional* como una simulación, un modelo o incluso puede ser el resultado final de un problema), testear y depurar, actuar de forma iterativa y/o colaborar en el proceso de creación.

Brennan y Resnick (2012) hacen un enfoque en línea con Grover y Pea (2018) para trabajar el PC en matemáticas mediante Scratch, añadiendo a su vez una tercera perspectiva en la que el alumnado se puede expresar, comunicar, cuestionar ideas y desarrollar un aspecto más crítico.

El PC está incluido en el currículum de numerosos países. Trabajos como el de Seow *et al*. (2019) encuentran que el PC está incluido en el currículum escolar de varios países del mundo, como Reino Unido, Lituania, Taiwán o Japón. Concretamente, destacan la implementación en Singapur, ya que desde preescolar diseñan actividades de circuitos a partir de juguetes intuitivos. Este país también abarca la programación en educación primaria, donde trabajan el pensamiento lógico y la resolución de problemas a partir de varias herramientas como Scratch o robots como LEGO WeDo. En secundaria trabajan con entornos de programación más complejos con pequeñas placas de ordenador, como Arduino, BBC micro-bit o Raspberry Pi (Seow *et al*., 2019). En India se propone el PC desde el tercer grado hasta el octavo grado (8-14 años). En este país, Iyer (2019) comenta sobre la existencia del Proyecto Ordenador Masti *(Computer Masti Project)*, que desarrolla el currículum educativo, diseña y elabora libros de texto (llamados *Computer Masti*) y da apoyo a los colegios para implementar el currículum. Las actividades van desde planear un pícnic (con todos los pasos a seguir) hasta programación en Scratch. Finalmente, Bocconi *et al*. (2022), poniendo el foco en su inclusión en matemáticas, describen cómo Noruega establece en su tercer y cuarto curso de educación (8-10 años) el PC a partir de la exploración (reconocimiento de patrones, conexiones) y la resolución de problemas (mediante algoritmos y estrategias algorítmicas). Además, especifican que en Francia se incluye el PC en matemáticas en su cuarto ciclo (12-15 años), donde se pretende que el alumnado aprenda nociones de algoritmo, variable computacional y distintos elementos como secuencias, bucles y condiciones. Además, destacan destrezas como el testeo y la depuración, la descomposición, el reconocimiento de patrones, la generalización y el diseño de algoritmos (Bocconi *et al*., 2022).

En cuanto al tipo de actividades, tareas y propuestas con las que trabajar el PC, Kotsopoulos *et al*. (2017) subrayan cuatro tipos de experiencias, que se deben seguir en este orden establecido, ampliando el nivel de dificultad sucesivamente:

1. Experiencias desconectadas o desenchufadas *(unplugged)*: se habla de actividades sencillas que no requieren el uso del ordenador, evitando así posibles barreras como puede ser el lenguaje de programación o el acceso limitado a estos recursos digitales.
2. Experiencias de "cacharreo" *(tinkering)*: involucran deshacer elementos de un objeto (como bloques de construcción, puzles, simuladores, códigos de programas, etc.) para luego cambiarlos o modificarlos. Así, el alumnado es capaz de ver cómo un cambio puede afectar a la resolución del algoritmo.
3. Experiencias de creación *(making)*: aquí el alumnado debe ser capaz de resolver problemas, planificar, seleccionar herramientas, comunicarse y conectar distintas ideas. Este proceso de creación se puede hacer de manera desenchufada (usando materiales manipulativos) o con ordenadores (programación u otros recursos digitales).
4. Experiencias de reúso *(remixing)*: se comparte y modifica un código o un algoritmo con intenciones de mezclarlo, adaptarlo o combinarlo con otros elementos para resolver una tarea, problema o reto.

2.2. Tareas desconectadas o desenchufadas

Las tareas que se consideran desconectadas, según Iglesias y Bordignon (2021), tienen la peculiaridad de no usar ningún tipo de herramienta digital, suelen tener un sentido lúdico, presentan desafíos, es habitual que incorporen manipulación de elementos, no suele hacer falta que haya conocimientos previos y se pueden acompañar de una narrativa que dé cohesión a la experiencia. Los autores diferencian también tres agrupaciones principales dentro de las actividades desconectadas: las lúdicas, que implican un componente importante de juego, como actividades kinestésicas, el uso de recursos tangibles y juegos de mesa; actividades transversales que involucran destrezas habituales del PC, como las de razonamiento lógico, de reconocimiento de patrones, de cambio de representación o de optimización; y las de pensamiento algorítmico, que están enfocadas a desarrollar algoritmos, descubriéndolos, ejecutándolos o creándolos.

Por otra parte, Kotsopoulos *et al*. (2017) subrayan la importancia de comenzar con experiencias desenchufadas porque, de este modo, el alumnado es capaz de ver el proceso de resolución de un algoritmo físicamente, ampliando el nivel de dificultad conforme afrontan las diferentes experiencias (de "cacharreo", de creación y de reúso). Según Zapata-Ros (2019), este tipo de experiencias están justificadas en el aula porque todos los aspectos relacionados con la preparación de una actividad (tanto la organización, como el diseño y el uso de materiales) deben permitir que el alumnado demuestre conocimientos previos.

Un ejemplo de este tipo de experiencias desconectadas son las que proponen Grover y Pea (2018), en las que se trabaja el pensamiento lógico a través del uso de patrones, dos de los conceptos que se relacionan directamente con el PC.

Concretando en actividades desconectadas, Zapata-Ros (2019) menciona una serie de iniciativas desarrolladas en distintos países, que pueden ser llevadas a las primeras etapas educativas (infantil y primaria). Como ejemplo, en Nueva Zelanda el autor destaca la iniciativa *CS Unplugged*, que consiste en un conjunto de actividades propuestas como lecciones, en las que el alumnado puede aprender las ideas más básicas de las ciencias de la computación mediante juegos con materiales manipulativos. Otro ejemplo que muestra el autor se sitúa en Singapur, donde se lanzó el programa *PlayMaker* como promovedor del PC de manera desenchufada. Esta iniciativa busca desarrollar experiencias con dispositivos que no requieran una pantalla, de modo que se puedan traducir elementos propios de un programa de ordenador en un juguete o recurso manipulativo.

El uso de materiales manipulativos permite hacer una transición entre el pensamiento concreto y el formal, ya que se podrían desarrollar en el alumnado habilidades como la observación, la conceptualización, el análisis y la generalización (Jiménez y Espinosa, 2019). Asimismo, Curzon *et al*. (2014) exponen cómo el estudiantado puede colaborar y motivarse con estas actividades desconectadas en el aula de matemáticas. Finalmente, Alsina (2020) afianza esta idea en el aula de matemáticas, así, habla del uso de tareas asociadas al mundo real a partir de juegos y materiales manipulativos.

En este estudio se realiza una experiencia utilizando el *Turing Tumble*, un juego que simula una máquina de Turing, para llevar a cabo una propuesta didáctica. La máquina de Turing, según la definición de Sipser (2013), es un concepto matemático abstracto que utiliza una cinta infinita con distintas posiciones rellenas de ceros y unos *(input)* que se pueden modificar para cumplir ciertos objetivos. La máquina se fija en una de las posiciones y puede leer la cinta o sobrescribirla, así como pasar a una posición colindante. La máquina continúa realizando acciones hasta que decide producir un resultado *(output)*, que varía entre aceptado y rechazado (ceros y unos). En educación, Sáez Vacas y Delgado Kloos (1979) fueron los primeros en simular máquinas de Turing con materiales manipulativos. Investigaciones más actuales muestran cómo este tipo de recursos construyen conocimientos abstractos de manera efectiva (Rodríguez *et al*., 2023).

En esta investigación se usa el juego *Turing Tumble* (Boswell y Boswell, 2021), que consta de un tablero colocado verticalmente; piezas de plástico de colores y de cuatro tipos diferentes que simulan puertas lógicas, y pequeñas canicas azules y rojas. En el tablero se colocan dichas piezas de distintas formas, y las canicas deben caer por ellas desde la parte superior del tablero hasta abajo, formando un patrón deseado de canicas (por ejemplo, azul, rojo, azul, rojo [ver Figura 1-derecha]).

Las piezas que se aprecian colocadas en la Figura 1-izquierda, vistas de izquierda a derecha, se llaman: rampa, cruce, bit e interceptor. Colocando las piezas de forma adecuada, se crearán caminos dando solución al problema planteado (ejemplo en Figura 1-derecha).

Para poder crear un camino se necesita colocar las piezas y hacer pasar la canica secuencialmente desde arriba hacia abajo y de una pieza a otra sin que se produzcan saltos entre ellas. Al llegar la canica a la parte inferior del tablero, accionará una de las palancas, dejando caer otra de las canicas de la parte superior, produciéndose un bucle de canicas que bajan por el tablero, hasta que se acaba el número de canicas arriba. En la

Figura 1. Tablero, canicas y piezas del juego Turing Tumble (izquierda). Ejemplo de camino (derecha)

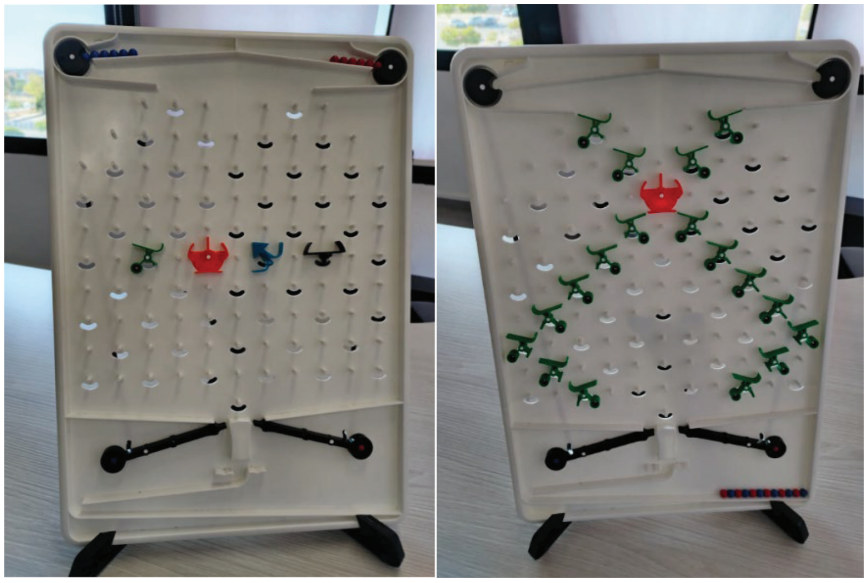


Figura 1-derecha, se puede ver en la parte inferior del tablero, que el camino da como resultado el patrón "azul, rojo, azul, rojo, etc." (leído de derecha a izquierda, según han caído).

3. Metodología

Este estudio tiene un enfoque cualitativo, materializado como un experimento de enseñanza, donde se ha llevado a cabo una secuencia de episodios en los que ha participado el alumnado junto con los investigadores-docentes y los investigadores-observadores (Confrey y Lachance, 2000; Molina *et al*., 2011). Se utiliza el juego *Turing Tumble*, mediante distintas actividades seleccionadas y diseñadas a propósito, y con el objetivo de analizar y mejorar esa secuencia de tareas, evaluando su viabilidad mediante el análisis de las respuestas del alumnado.

3.1. Muestra

La experiencia se llevó a cabo durante cuatro sesiones en un colegio público de la provincia de Málaga, con 50 estudiantes, durante el curso 2023-2024. La intervención se llevó a cabo con un grupo de 4.º y otro de 5.º de primaria, con 25 personas cada grupo. El muestreo fue intencional, ya que se eligió el centro por ser un centro público, por su disposición a colaborar y por la diversidad de su alumnado, permitiendo una recogida de datos heterogénea. Cada clase se dividió en 10 grupos, uno por cada juego *Turing Tumble* de los que se disponía. El equipo de investigación solicitó al equipo docente del centro escolar que organizara, según su nivel de competencia general y su nivel de competencia matemática, las parejas y/o tríos de estudiantes de manera homogénea, contando con un total de 20 grupos de trabajo entre las dos clases. Esa solicitud se llevó a cabo porque, tras experiencias previas (Ayala-Altamirano *et al*., 2024), se comprobó que los grupos homogéneos abordaban las tareas de forma equilibrada, sin embargo, cuando las parejas eran heterogéneas, la persona con menor nivel competencial pasaba a un segundo plano en la resolución del ejercicio.

3.2. Descripción de protocolo de diseño de actividades e intervención en el aula

Las actividades planteadas fueron inspiradas en las que se pueden encontrar en Boswell y Boswell (2021). Se les solicitó un análisis de dichas actividades a dos expertas y a los creadores del juego para corroborar si podían favorecer el desarrollo de destrezas propias del PC, siendo igualmente pertinentes para educación primaria.

De esta valoración, se eliminaron actividades que eran demasiado complicadas o redundantes y se añadieron algunas sobre generalización.

Cada sesión tenía un foco de interés desde el punto de vista del PC:

1) La primera sesión fue de toma de contacto, sirvió para que el alumnado pudiera comprender el funcionamiento del juego y completar los primeros caminos que daban lugar a la formación de patrones.
2) La segunda sesión se dedicó a completar y crear caminos completos (algoritmos) para que, en el resultado final, las canicas aparecieran con un patrón determinado.
3) La tercera sesión buscaba el reconocimiento de patrones a partir de un camino preestablecido y la mejora de caminos (optimización de algoritmos) en los que sobraban piezas o en los que algunas piezas estaban mal colocadas.
4) La última sesión mezclaba varios tipos de actividades análogas a las sesiones anteriores, y en algunos casos incrementando ligeramente la dificultad, para afianzar conocimientos y que además pudieran ser consideradas para evaluar el aprendizaje y las habilidades desarrolladas.

Se consultó al profesorado sobre gustos y aficiones del alumnado que pudieran relacionarse con la investigación. Uno de los temas que apareció fue el espacio y la carrera espacial. Con esta información, las sesiones quedaron contextualizadas en una narrativa aparentemente motivadora con la visita de un equipo (el propio equipo de investigación que participaba) de la UMASA, inspirados en las iniciales de la NASA, pero de la Universidad de Málaga. Este equipo buscaba entre el alumnado despertar inquietudes y vocaciones científicas, por si en un futuro querían formar parte de este supuesto equipo de astronautas. En este contexto los juegos *Turing Tumble* se entregaban al alumnado como una parte del panel de control de una nave espacial.

Las tareas diseñadas buscaban el desarrollo de destrezas propias del PC y, en línea con el trabajo realizado por Ayala-Altamirano *et al*. (2024), se distinguen las siguientes destrezas:

- Organización y/o análisis de datos (OAD): Comprender en qué consistía la tarea, desde el número y color de las canicas que se colocan al principio, como el patrón de canicas final, los tipos y números de piezas que se pueden usar, o la reproducción de las piezas que aparecen en el enunciado de la tarea al tablero físico.
- Creación de algoritmos (CA): Construcción de caminos en los que se sitúan las piezas en el tablero para poder obtener la solución solicitada. Es adecuado tratar los caminos como algoritmos ya que las piezas actúan de puertas lógicas, variando el recorrido de las canicas por el tablero (secuencia). Además, la canica volverá a accionar la palanca, por lo que se produce una repetición (bucle) que parará el propio programa o el límite de canicas.
- Testeo y depuración (TD): A partir de la identificación, el análisis y la corrección de los caminos planteados, se comprueban las distintas posibilidades, desechando y modificando aquellas que no son válidas.
- Generalización (G): Usar estrategias similares a las realizadas en soluciones previas o reconocer patrones que comparten dos tareas distintas.

El Real Decreto 157/2022 incluye estas destrezas dentro de la cuarta competencia específica de matemáticas, que va enfocada al propio pensamiento computacional. A su vez, la sexta competencia específica nos habla de la comunicación y la representación de resultados, ya sea de manera oral, escrita o gráfica, para dar significado a las ideas matemáticas que se aprenden. En esta propuesta, el alumnado debía exponer de manera conjunta no solo los resultados de sus experiencias, sino también sus emociones, actitudes y creencias sobre las matemáticas. La octava competencia específica habla del trabajo en equipo, del desarrollo de destrezas sociales y la creación de relaciones saludables. Durante las actividades podían gestionar roles, respetar los turnos de palabra y escuchar distintas ideas de resolución.

Durante la primera sesión (Tabla 1), tras introducir al alumnado en la narrativa de UMASA, se les dejó indagar con la máquina para que se familiarizaran con la misma y su funcionamiento. Tras unos 20 minutos, se introdujeron dos actividades sencillas para completar y crear caminos.

No se especifican las destrezas esperadas en la introducción a la máquina, ya que, aparte de la organización y el análisis de datos, cada pareja podía afrontar la situación de una manera única. Así, algunas duplas empezaron a poner piezas de una en una y fueron testeando poco a poco, otras parejas pusieron más piezas de las necesarias, quitando aquellas que no servían. Cada acción era válida en esta primera parte y solo se esperaba el reconocimiento de la máquina.

Durante la segunda sesión (Tabla 2) se continuaba con tareas de creación de algoritmos. Tras la sesión de iniciación se tenían evidencias que mostraban la diversidad del grupo clase. Para adaptar las siguientes sesiones

Tabla 1. Descripción de tareas realizadas en la sesión 1

Tarea	Descripción	Destrezas esperadas
Introducción a la máquina	Exploración autónoma para entender el funcionamiento de la máquina y de sus componentes.	
Tarea 1.1	Se presenta un camino incompleto y se pide que lo completen colocando rampas para que solo caigan canicas azules.	OAD–CA–TD
Tarea 1.2	En un tablero en blanco, se les pide crear un camino para que ahora solo caigan canicas rojas.	OAD–G–CA–TD

Tabla 2. Descripción de tareas realizadas en la sesión 2

Tarea	Descripción	Destrezas esperadas
Tarea 2.1	Se presenta un camino incompleto y se pide que lo completen con rampas y cruces para crear el patrón azul, rojo, azul, rojo, etc.	OAD–CA–TD
Tarea 2.2	A partir de la disposición anterior, necesitan modificar el camino con un cambio en la posición de las piezas para que el patrón creado sea azul, azul, rojo, azul, azul, rojo, etc.	OAD–G–CA–TD
Tarea 2.3	Se varía el camino inicial presentado respecto a la Tarea 2.2 y se busca que lo modifiquen para que ahora el patrón sea azul, azul, rojo, rojo, azul, azul, rojo, rojo, etc.	OAD–G–CA–TD
Tarea 2.4	*(Estrella Fugaz)* Se muestra un camino incompleto y se pide que lo completen para que la canica azul caiga en un interceptor. *(Planeta y Cometa)* Se muestra un camino incompleto y se pide que lo completen para que abajo caigan tres canicas azules y la cuarta acabe en un interceptor.	OAD–CA–TD (los tres casos)

a los distintos niveles, se diseñaron tres versiones de la misma tarea con tres niveles de dificultad. El alumnado era ajeno a estas diferencias, denominando con eufemismos los ejercicios entregados y repartidos, en apariencia, de forma aleatoria. Se codificó como ejercicios *estrella fugaz* para tareas del nivel más básico, ejercicios *planeta* para el nivel intermedio y ejercicios *cometa* para el nivel más avanzado.

Como se puede apreciar en la Tabla 2, salvo la Tarea 2.4, el enunciado fue el mismo para los tres niveles. Lo único que cambiaba era la disposición de los elementos en el tablero, añadiendo piezas para facilitar la creación del camino o quitándolas para añadir dificultad. La principal destreza que se esperaba desarrollar en esta sesión era la de crear caminos (crear algoritmos).

La tercera sesión (Tabla 3) se centró en el testeo y la depuración de caminos completos que se les presentaba al alumnado. La sesión se separó en dos partes. En una primera se buscaba que el alumnado predijera el resultado tras recorrer un camino completo (ejecutar el algoritmo) y en otra necesitaban optimizar el camino quitando piezas que no afectaban al resultado o detectando elementos del camino que causaban problemas en el resultado.

En esta sesión, para conseguir la adaptación a la diversidad del grupo, se secuenciaron las tareas por dificultad, de forma que cada dupla o trío podía avanzar de manera independiente por las distintas tareas. La generalización provino de reconocer soluciones a partir de tareas previas o al dejar piezas que compartían disposición entre tareas. La creación de algoritmos surgió cuando el alumnado acababa los caminos incompletos que daban problemas.

En la sesión 4 se evaluaba el aprendizaje y se afianzaban destrezas mediante una combinación de tareas, en las que se pedía predecir resultados y crear caminos (Tabla 4). Tras el desarrollo de las sesiones anteriores, se empezó por actividades de predicción, dejando las tareas de crear algoritmos para el final, que resultaron ser más complicadas para el alumnado.

Las sesiones 1, 2 y 3 fueron grabadas, utilizando un equipo de grabación para cada dos grupos de estudiantes. En cada sesión participaron entre 6-7 personas del equipo de investigación, que solo facilitaban documentos con las tareas, en modo de ficha, y grababan. El grupo clase era guiado por una persona del equipo de investigación, que asumía el rol de líder de la misión y docente. En la sesión 4, se escogieron varias parejas de control para grabar en forma de entrevista semiestructurada las actividades (Tabla 4), efectuándoles preguntas en las que se pretendía confirmar el nivel de las actividades, las destrezas desarrolladas y la conexión entre el PC y las matemáticas.

Tabla 3. Descripción de tareas realizadas en la sesión 3

Tarea	Descripción	Destrezas esperadas
Tarea 3.1.1	El primer camino es parecido al realizado en la Tarea 1.1, y obtiene un patrón en el que la primera canica es azul y el resto son rojas.	OAD–TD
Tarea 3.1.2	Este camino está sacado de la solución de la Tarea 3.1.1. Se espera el mismo resultado que en dicha tarea.	OAD–G–TD
Tarea 3.1.3	Es un camino algo más complejo, pero se espera el mismo patrón que en la Tarea 3.1.2.	OAD–TD
Tarea 3.1.4	Se presenta un camino en el que preguntamos hacia qué interceptor cae la canica, para mostrarles que no todos los caminos tienen que acabar abajo del tablero.	OAD–TD
Tarea 3.1.5	Este camino está sacado de la solución de la Tarea 2.4 (versión *Planeta y Cometa*). Se espera el mismo resultado que en dicha tarea.	OAD–TD
Tarea 3.1.6	Este camino expande la idea de la tarea anterior. En este caso, el patrón esperado es de cinco canicas azules y tres rojas abajo.	OAD–G–TD
Tarea 3.2.1	Se muestra un camino parecido al de la Tarea 3.1.1 de reconocer patrones, pero con seis rampas redundantes. Se pide que marquen esas rampas innecesarias.	OAD–TD–CA–TD
Tarea 3.2.2	Este camino presenta otras seis rampas redundantes, pero la disposición es más compleja. Se pide localizarlas y marcarlas.	OAD–TD–CA–TD
Tarea 3.2.3	En este camino hay dos saltos en el tablero debidos a una mala colocación de unos bits. Se espera que detecten los saltos o las piezas que causan el problema.	OAD–TD
Tarea 3.2.4	Este camino es bastante distinto, pero sigue presentando un salto causado por un bit. Se espera que señalen el salto o el bit.	OAD–TD
Tarea 3.2.5	Se presenta un camino cuya solución varía según accionemos la palanca azul o la roja. Se pide que lleguen a esa conclusión y que dibujen los caminos resultantes para comprobarlo.	OAD–TD
Tarea 3.2.6	Este camino incluye un interceptor y está preparado con la intención de que piensen que el bucle acabará en algún momento. Se pide que comprueben que el programa no acaba nunca y que dibujen el camino que realiza.	OAD–TD

Tabla 4. Descripción de tareas realizadas en la sesión 4

Tarea	Descripción	Destrezas esperadas
Tarea 4.1	Se muestra un camino completo con un interceptor y se pide comprobar de qué color será la canica que caiga en este.	OAD–TD
Tarea 4.2	Este es un camino parecido al de la Tarea 3.1.2, pero con más cruces. El patrón esperado es que todas las canicas serán rojas.	OAD–TD
Tarea 4.3	Es idéntica a la Tarea 3.1.3. La solución esperada es la misma.	OAD–TD
Tarea 4.4	Es un camino parecido a la Tarea 2.2, pero hay ligeros cambios como el uso de bits en vez de cruces. El resultado esperado es el mismo que el de dicha tarea.	OAD–TD
Tarea 4.5	a) Se presenta una actividad parecida a la Tarea 3.1.6, solo que esta vez el patrón buscado es de dos canicas azules y ocho canicas rojas. b) A partir de la disposición previa, se pide modificar los bits que tiene el camino para que caigan dos canicas rojas menos. Se espera que solo muevan los bits de la columna que conecta con las canicas rojas.	a) OAD–TD b) OAD–CA–TD
Tarea 4.6	a) Con el tablero en blanco, se pide que creen un programa que dé como patrón rojo, azul, rojo, azul, etc. La solución es abierta, pero se pueden usar soluciones previas. b) Se les pregunta si hay que modificar el camino para que el patrón sea ahora azul, rojo, azul, rojo, etc. La respuesta es que no, solo hace falta accionar la palanca azul en vez de la roja.	a) OAD–G–CA–TD b) OAD–G–TD

4. Análisis y resultados

4.1. Análisis de datos

Para estudiar el protocolo llevado a cabo, su posibilidad de réplica en otros grupos-clase y mejorar sus pasos, se presenta aquí el análisis de algunas de las grabaciones. La sesión 1, debido a la novedad del tipo de intervención, la contextualización en UMASA, el considerar la actividad como un juego y observando la facilidad con que el alumnado realizaba las tareas, se puede considerar un éxito. Se consiguió una motivación general y la iniciación a determinadas destrezas, como serían la organización y el análisis de datos, y la creación de primeros y sencillos caminos. La mayoría de los grupos jugó animadamente, probó el funcionamiento de las piezas, creó caminos, los modificó, e incluso se adelantaron a algunas de las tareas de la sesión 2.

Respecto a la sesión 2, desde la observación del equipo de investigación y el análisis de los vídeos, se confirmó que las actividades no habían sido del todo adecuadas para la mayoría de los grupos. Solo algunos de ellos llegaban a las soluciones con facilidad y el resto lo hacían con serias dificultades, que provocaban frustración y aburrimiento. Para concretar el análisis, tanto en las sesiones 2 como en la 3, se han seleccionado los resultados de cuatro grupos cualesquiera, incluyendo al menos uno que tuviera más dificultades y un grupo que realizara las actividades con facilidad (se denominan grupos A, B, C y D, ver Figuras 2 y 3). En las tablas de las Figuras 2 y 3, se presenta el análisis llevado a cabo. La primera fila de las tablas contiene la etiqueta de los elementos que incluyen (Grupos de trabajo, Destrezas, Tareas); la primera columna contiene las denominaciones de los distintos grupos (cada grupo tiene asociado un color aleatorio), estando en la primera posición el resultado de un grupo modelo hipotético; la columna de destrezas incluye, para cada grupo, las cuatro destrezas a desarrollar; el resto de columnas presentan cronológicamente la secuencia de aparición de las destrezas asociadas al PC por grupo y por tarea.

Como ejemplo de una lectura de la tabla de la Figura 2, en el grupo modelo y, en este caso, también en el grupo A, en la Tarea 2.1, el alumnado lo primero que hace es organizar los elementos del juego de los que dispone, tanto piezas como canicas (“Organizar y/o analizar datos”), después coloca las piezas y canicas en el tablero (“Crear algoritmo”) y prueba si la respuesta es correcta (“Testear y depurar”). Se añade una letra B dentro de un recuadro verde en la tabla cuando la tarea se ha completado correctamente y se añade una letra M dentro de un recuadro rojo cuando no. Los cuadraditos coloreados indican la sucesión de destrezas encontradas. En el caso del grupo B, organiza los datos copiando el enunciado en el tablero y directamente intenta generalizar verbalmente a partir de una de las tareas de la sesión 1, vuelve a organizar los datos y prueba, obteniendo una respuesta errónea (M en rojo). Crea un nuevo algoritmo, prueba y obtiene respuesta correcta (B en verde).

Se comprueba que, en algunos casos, las actividades no se entendían con claridad en las fichas entregadas. Por ejemplo, a pesar de que el grupo A hiciera el camino correcto en la Tarea 2.2, accionó la palanca equivocada, realizando un primer testeo incorrecto, por no tener claro el enunciado (Figura 2).

Por otro lado, se puede observar que los grupos C y D, en la Tarea 2.1, crean y testean continuamente, sin mucha reflexión sobre qué estaban haciendo. El grupo D optaba por probar a mitad del proceso para ver dónde caía la canica, sin predecir el posible camino. En esta tarea, mientras que el grupo D solo realizaba ensayo y

Figura 2. Destrezas desarrolladas de PC por grupo y tarea y destrezas esperadas durante la sesión 2

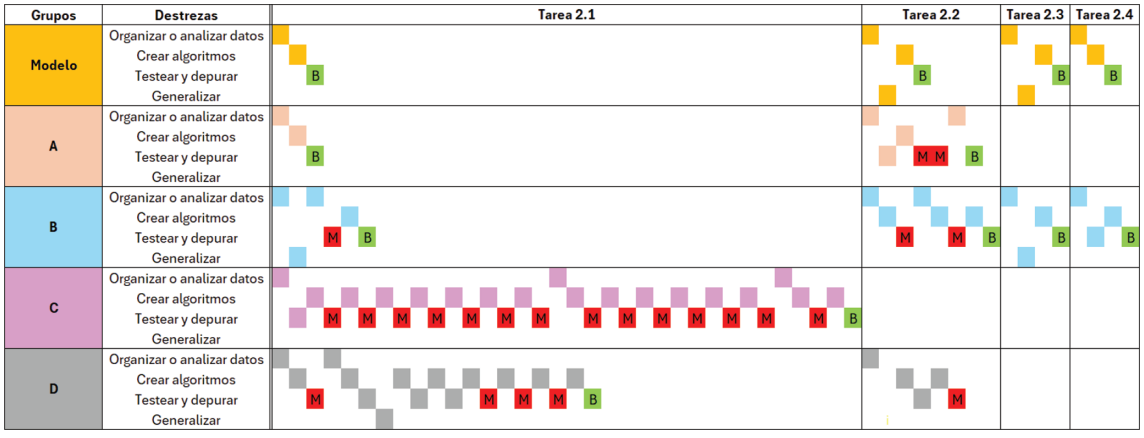
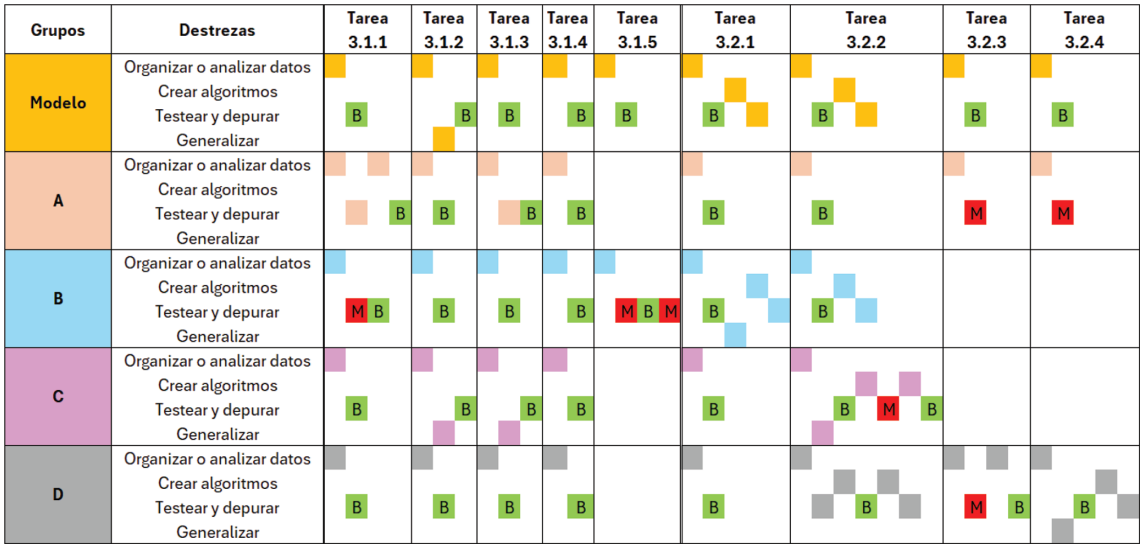


Figura 3. Destrezas desarrolladas de PC por grupo y tarea y destrezas esperadas durante la sesión 3



error, hasta llegar a la solución, el grupo C tuvo que volver a leer el enunciado y hasta en dos ocasiones más reordenar las piezas y canicas para llegar a la solución. Tras la tercera organización y análisis de datos, el grupo C logró realizar la tarea correctamente.

En la sesión 3, la mayoría de los grupos finalizó casi todas las actividades (Figura 3). Por ejemplo, el grupo A consigue acabar todas las actividades, pero no llega a la solución en las Tareas 3.2.3 y 3.2.4; el grupo D resolvió todas de forma correcta; el grupo B solo dejó dos sin terminar, y durante los primeros minutos divagaba y se distraía con facilidad.

En esta sesión predominaban las tareas de reconocimiento de patrones y resultaron ser más accesibles para el alumnado que las de creación de caminos, ya que más grupos acababan las actividades (Figura 3). Es destacable como, mediante la gesticulación y la representación gráfica de los caminos, el alumnado era capaz de predecir sin necesidad de poner las piezas o probarlo realmente. Radford (2018) ya muestra la importancia de la gesticulación desde el punto de vista del pensamiento algebraico, ya que incita a la generalización y a la expresión de ideas más complejas, evitando el uso de números y símbolos. En muchas ocasiones el testeo correcto se realizaba solo en el papel, en otras se comprobaba luego en el tablero.

Comparando el análisis de las dos sesiones, se observa que grupos como el C y el D tuvieron dificultades con las tareas de la segunda sesión, mostrándose desmotivados y aburridos. Sin embargo, en la tercera sesión, cuando volvieron a obtener resultados satisfactorios, recuperaron el interés por las actividades.

Finalmente, en la sesión 4 se hizo una recopilación de actividades para afianzar conocimientos. El haber pasado previamente por la sesión 3, de predecir y completar caminos, facilitó entender y realizar las tareas.

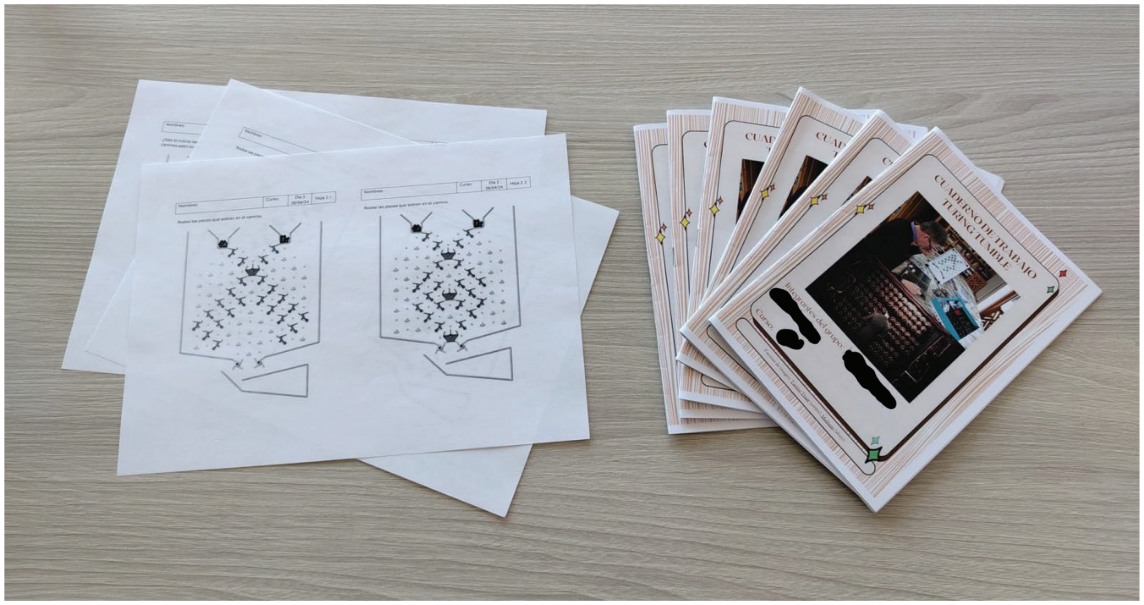
Un aspecto común fue que el alumnado evitaba escribir en las fichas que se les proporcionaba para explicar e indicar qué habían hecho en las distintas tareas. Pasar de lo manipulativo a la representación simbólica, con dibujos en papel, fue todo un desafío que pocos realizaron.

4.2. Propuesta de mejora

Una vez se analizó el protocolo que se llevó a cabo en la intervención en el colegio, para las dos clases, se tomaron una serie de decisiones que han permitido obtener un nuevo protocolo de actuación mejorado, y mucho más realista y viable.

De partida, aunque la temática espacial de la UMASA fue motivadora para el alumnado, durante las distintas sesiones llamaba la atención, y se citó a Alan Turing y su papel en la II Guerra Mundial. Se decide que sería mucho más pertinente usar como referente a quien pone nombre al juego para contextualizar las actividades. Se incluyen en la nueva propuesta otros personajes como su compañera Joan Clarke. De esta forma, se nos permite entrar en aspectos mucho más formativos como el feminismo, la diversidad intelectual y afectivo-sexual, por las particularidades de estos personajes y sus historias (Sánchez Muñoz, 2018).

Figura 4. Fichas en el protocolo anterior (izquierda) y nuevo cuaderno de trabajo (derecha)



Por otro lado, pensando inicialmente en facilitar la manipulación de la documentación en el aula, las tareas fueron entregadas en unas fichas sueltas que resultaron poco atractivas. De hecho, el alumnado no solía marcar las soluciones en las hojas con naturalidad, aun requiriéndolo, dejando tareas sin respuesta. Para la nueva propuesta se realiza un cuaderno de trabajo más sugerente, contextualizado en la historia de Turing, en el que se incluyen todas las tareas de forma ordenada y secuenciada (Figura 4). Además, en cada hoja se añade la posibilidad de poder estampar un sello, tipo insignia, para motivar al alumnado. Este cuaderno sería entregado por grupo al inicio de la intervención, facilitando que puedan realizarse las tareas al ritmo particular de cada grupo.

Por otro lado, tras analizar las dificultades presentes en las sesiones, se evidenció que introducir tareas de creación de algoritmos en la segunda fue precipitado. En la nueva propuesta, tras la primera sesión con actividades de "cacharreo" y reconocimiento del juego, se incluyen tareas de predicción de resultados, de completar caminos (completar algoritmos), quitando piezas que no afectaban al resultado o detectando elementos del camino que causaban problemas en la solución esperada. Tras estas tareas, ya es pertinente incluir las tareas de creación de algoritmos. Y, finalmente, se proponen tareas de afianzar conocimientos.

En cada sesión, el alumnado debería tener claro cuáles son los objetivos de aprendizaje, qué se pretende con la intervención y qué finalidad tienen las tareas. Tras el análisis de la intervención, el equipo de investigación tomó conciencia de que no se hizo hincapié en estos objetivos en las sesiones. En la nueva propuesta, este momento debe estar adecuadamente planteado al inicio de las sesiones. De la misma forma, además al final de las sesiones, se debe incluir una reflexión de los aprendizajes adquiridos, siendo una forma imprescindible de tomar conciencia de qué ha ocurrido, por qué y cómo.

Otro de los problemas que han dificultado el análisis de los resultados han sido las grabaciones conjuntas de los grupos, que se materializaron en excesivo ruido y elementos distorsionantes. En la siguiente fase, la toma de datos se debe realizar en entornos de trabajo menos ruidosos, donde se puedan centrar las grabaciones en grupos pequeños.

Finalmente, se pueden mantener las cuatro sesiones de trabajo, así como el número de grupos y los cursos. Se considera que la temporalización es adecuada para tratar el tema con la narrativa de Alan Turing y la Segunda Guerra Mundial, mientras se desarrollan destrezas del pensamiento computacional.

5. Conclusiones

El objetivo de este trabajo era doble: analizar y mejorar la secuencia de tareas implementadas, evaluando su viabilidad en otros contextos educativos mediante el análisis de las respuestas del alumnado; y comprobar que el protocolo de investigación utilizado nos permitía recoger datos pertinentes que muestren el desarrollo de

destrezas propias del PC en el alumnado de educación primaria. Tras el análisis realizado del protocolo inicial y la mejora propuesta para el mismo, podemos concluir que se ha conseguido el objetivo.

Se han detectado errores y dificultades presentes en la intervención en el aula del equipo de investigación, desde la forma de tomar la información en las clases con equipos de grabación para más de un grupo de trabajo, los documentos que se presentaron al alumnado para recoger los resultados de las tareas o la secuencia de las tareas, entre otros. Este proceso nos ha permitido mejorar el protocolo, detectando de forma muy concreta las fortalezas y las debilidades que contenía.

Respecto a las fortalezas, y una vez analizadas las destrezas propias del PC que se han desarrollado, se ha evidenciado que con este tipo de tareas el alumnado organiza y analiza datos, en este caso analiza las tareas planteadas y organiza las canicas y piezas; crea algoritmos, que aquí se traduce en crear caminos (a distintos ritmos y bajo distintos niveles de optimización); el alumnado es capaz de testear y depurar los algoritmos, mejorándolos o prediciendo resultados; y finalmente, aunque en menor medida, aplicaban generalizaciones a partir de soluciones y estrategias previas. Se observa, en la línea de Rodríguez *et al*. (2023), que las actividades desconectadas han aportado una serie de destrezas y conceptos abstractos correspondientes con el PC.

Una de las decisiones finales, que se ha tenido en cuenta para un siguiente ciclo de investigación, fue cambiar la secuencia de actividades, anteponiendo las de predecir resultados y las de completar caminos a las de creación de algoritmos. Durante la experiencia, se comprobó que las de creación eran de mayor complejidad. Por otro lado, el alumnado contaba con más tiempo para conocer las normas del juego (como evitar saltos de niveles, dar solo una vez a la palanca apropiada) y entender el funcionamiento de las piezas escogidas (Boswell y Boswell, 2021).

Esta propuesta didáctica permitiría desarrollar habilidades y destrezas que se han incluido en el currículo de primaria español dentro del sentido algebraico, en el área de matemáticas. Se presenta una secuencia de tareas desconectadas, que brinda al profesorado una opción viable y accesible para abordar el pensamiento computacional en el aula, sobre todo para quienes se sienten poco preparados para trabajar el PC en el aula (Santaengracia *et al*., 2023), más allá de experimentar con robots u ordenadores y programar con *Scratch*. Esta propuesta sigue implementándose y replicándose en nuevos contextos educativos, con mejoras continuas, y ha mostrado resultados altamente positivos que confirman la pertinencia y la efectividad del enfoque. Además, hay un fuerte potencial en el análisis del sentido socioafectivo, que es otra de las líneas futuras de este trabajo. Estos resultados continuarán siendo evaluados para consolidar la propuesta, aunque parte de su riqueza reside también en su flexibilidad.

6. Fuentes de financiación de la investigación

Esta investigación está enmarcada en el proyecto JAB1-34, código B1-2023_029 financiado por el Plan Propio de Investigación, Transferencia y Divulgación Científica de la Universidad de Málaga; dentro del grupo de investigación en el carácter funcional, formativo e instrumental de la didáctica de la matemática.

7. Referencias bibliográficas

Alsina, A. (2020). Itinerarios de enseñanza para el álgebra temprana. *Revista Chilena de Educación Matemática*, *12*(1), 5-20. https://doi.org/10.46219/rechiem.v12i1.16

Arrifano Tadeu, P. J., & Brigas, C. (2022). El pensamiento computacional en educación infantil: un análisis a través del Computer Science Unplugged. *Revista Interuniversitaria de Formación del Profesorado. Continuación de la Antigua Revista de Escuelas Normales*, *97*(36.2). https://doi.org/10.47553/rifop.v98i36.2.94881

Ayala-Altamirano, C., Arjona-Aranda, G., Moral-Sánchez, S. N., & Sánchez-Cruzado, C. (2024). Iniciación al pensamiento computacional a través de tareas desconectadas sobre patrones. En N. Adamuz-Povedano, E. Fernández-Ahumada, N. Climent, & C. Jiménez-Gestal (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVII* (pp. 121-128). SEIEM.

Bocconi, S., Chioccariello, A., Kampylis, P., Dagienė, V., Wastiau, P., Engelhardt, K., Earp, J., Horvath, M. A., Jasutė, E., Malagoli, C., Masiulionytė-Dagienė, V., & Stupurienė, G. (2022). *Reviewing Computational Thinking in Compulsory Education*. Publications Office of the European Union. https://doi.org/10.2760/126955

Boswell, P., & Boswell, A. (2021). *Turing Tumble: Libro de Problemas.* Upper Story.

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking [Comunicación]. *American Educational Research Association meeting*. Vancouver, Canada. https://scratched.gse.harvard.edu/ct/files/AERA2012.pdf

Cabra Páez, M. L., & Ramírez Gamboa, S. A. (2022). Desarrollo del pensamiento computacional y las competencias matemáticas en análisis y solución de problemas: una experiencia de aprendizaje con Scratch en la plataforma Moodle. *Revista Educación*, *46*(1), 1-16. https://doi.org/10.15517/revedu.v46i1.44970

Confrey, J., & Lachance, A. (2000). Transformative teaching experiments through conjecture-driven research design. En A. E. Kelly, & R. A. Lesh (Eds.), *Handbook of research design in mathematics and science education* (pp. 231-265). Lawrence Erlbaum associates.

Curzon, P., McOwan, P., Plant, N., & Meagher, L. (2014). Introducing teachers to computational thinking using unplugged storytelling. En C. Schulte, M. E. Caspersen y H. Gal-Ezer (Coords.), *WiPSCE'14 Proceedings of the 9th Workshop in Primary and Secondary Computing Education* (pp. 89-92). Berlín, Alemania.

Denning, P. J., & Tedre, M. (2019). *Computational thinking*. The MIT Press (The Massachusetts Institute of Technology).

Furber, S. (2012). *Shut down or restart? The way forward for computing in UK schools*. The Royal Society.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational Thinking in K-12: A Review of the State of the Field. *Educational Researcher*, *42*, 1. https://doi.org/10.3102/0013189X12463051

Grover, S., & Pea, R. (2018). Computational Thinking: A Competency Whose Time Has Come. En S. Sentance, E. Barendsen, & C. Schulte (Eds.), *Computer Science Education: Perspectives on Teaching and Learning in School* (pp. 19-38). Bloomsbury Academic. https://doi.org/10.5040/9781350057142.ch-003

Iglesias, A., & Bordignon, F. (2021). Taxonomía de actividades desconectadas para el desarrollo de pensamiento computacional. *Virtualidad, Educación y Ciencia*, *22*(12), 119-135.

Iyer, S. (2019). Teaching-Learning of Computational Thinking in K-12 Schools in India. En S. C. Kong, & H. Abelson (Eds.), *Computational Thinking Education* (pp. 362-382). Springer Open.

Jiménez, L. R., & Espinosa, C. I. (2019). Aprovechamiento del material manipulativo para fortalecer el pensamiento matemático en aula multigrado. *Educación y Ciencia*, *23*, 513-529.

Kotsopoulos, D., Floyd, L., Khan, S., Namukasa, I. K., Somanath, S., Weber, J., & Yiu, C. (2017). A pedagogical framework for computational thinking. *Digital Experiences in Mathematics Education*, *3*, 154-171. https://doi.org/10.1007/s40751-017-0031-2

Molina, M., Castro, E., Molina, J. L., & Castro, E. (2011). Un acercamiento a la investigación de diseño a través de los experimentos de enseñanza. *Enseñanza de las Ciencias: Revista de Investigación y Experiencias Didácticas*, *29*(1), 75-88.

Orden de 30 de mayo de 2023, por la que se desarrolla el currículo correspondiente a la etapa de Educación Primaria en la Comunidad Autónoma de Andalucía. *Boletín Oficial de la Junta de Andalucía*, *104*, de 2 de junio de 2023, pp. 9731/1-9731/208.

Papert, S. (1972). Teaching Children Thinking. *Programmed Learning and Educational Technology*, *9*(5), 245-255. https://doi.org/10.1080/1355800720090503

Radford, L. (2018). The emergence of symbolic algebraic thinking in primary school. En C. Kieran (Ed.), *Teaching and Learning Algebraic Thinking with 5- to 12-Year-Olds: The global evolution of an emerging field of research and practice* (pp. 3-25). Springer.

Real Decreto 157/2022, de 1 de marzo, por el que se establecen la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. *Boletín Oficial del Estado*, *52,* de 2 de marzo de 2022, pp. 24386-24504.

Rodríguez, J., Parra, G., Gili, G., Parra, S., Dolz, D., & Roumec, H. (2023). A Turing Machine at Secondary School. En P. Pesado (Ed.), *Computer Science – CACIC 2022. Communications in Computer and Information Science*, *1778*(1), 295-306. Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-34147-2_19

Sáez Vacas, F., & Delgado Kloos, C. (1979, 16-19 de octubre). Simulador de máquinas de Turing para fines didácticos [Comunicación]. 4.º *Congreso Informática y Automática*.

Sánchez Muñoz, J. M. (2018). Informe sobre la película "Descifrando Enigma". *Pensamiento Matemático, 8*(2), 13.

Santaengracia, J. J., Palop, B., & Rodríguez-Muñiz, L. J. (2023). Percepciones del profesorado sobre pensamiento computacional. Estudio de una formación. En C. Jiménez-Gestal, Á. A. Magreñán, E. Badillo, E., & P. Ivars (Eds.), *Investigación en Educación Matemática XXVI* (pp. 491-498). SEIEM.

Sarmiento-Bolívar, M. I. (2019). Experiencias y estrategias educativas con TIC para el desarrollo del pensamiento computacional en Iberoamérica. *Pensamiento Actual*, *19*(32), 12-27.

Selby, C., & Woollard, J. (2014). *Refining an understanding of computational thinking*. University of Southampton.

Seow, P., Looi, C. K., How, M. L., Wadhwa, B., & Wi, L. K. (2019). Educational Policy and Implementation of Computational Thinking and Programming: Case Study of Singapore. En S. C. Kong y H. Abelson (Eds.), *Computational Thinking Education* (pp. 345-361). Springer Open.

Sipser, M. (2013). The Church-Turing thesis. En M. Sipser (Ed.), *Introduction to the theory of computation* (pp. 137-163). Thomson Course Technology.

Sneider, C., Stephenson, C., Schafer, B., & Flick, L. (2014). Teacher's Toolkit: Exploring the Science Framework and NGSS: Computational Thinking in the Science Classroom. *Science Scope*, *038*(03), 10-15. https://doi.org/10.2505/4/ss14_038_03_10

Wing, J. M. (2006). Computational Thinking. *Communications of the ACM*, *49*(3), 33-35. https://doi.org/10.1145/1118178.1118215

Wing, J. M. (2008). Computational thinking and thinking about computing. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, *366*(1881), 3717-3725. https://doi.org/10.1098/rsta.2008.0118

Zapata-Ros, M. (2019). Pensamiento computacional desenchufado. *Education in the Knowledge Society (EKS)*, *20*, 1-29. https://doi.org/10.14201/eks2019_20_a18