

PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON FRACCIONES

Computational thinking and adaptive learning in problem-solving with fractions

EPISTEMUS
ISSN: 2007-8196 (electrónico)

Abelardo Mancinas González ¹
Manuel Francisco Montijo Mendoza ²

Recibido: 14 / 07 / 2021
Aceptado: 02 / 10 / 2021
Publicado: 09 / 11 / 2021
DOI: <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.171>

Autor de Correspondencia:
Abelardo Mancinas González
Correo: amancinas@hermosillo.tecnm.mx

Resumen

El estudio tiene por objetivo identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta actividad, en niños de cuarto grado de educación básica. El diseño de investigación es de estudio de caso y consistió en la resolución de ejercicios con fracciones por un grupo de estudiantes, a través de una aplicación móvil basada en el aprendizaje adaptativo desarrollada para realizar las pruebas. Los resultados muestran que las modalidades de pensamiento computacional presentes en el test son las de ensayo y error, iteración y recursividad, con una predominancia de esta última. Así mismo, la adaptación de los ejercicios por el sistema, en función de las capacidades individuales de los niños, señala los beneficios que tiene para el aprendizaje de las fracciones el apoyarse en este tipo de tecnología.

Palabras clave: aprendizaje adaptativo, aprendizaje de fracciones, pensamiento computacional.

Abstract

This research is aimed to identify the modalities of computational thinking in problem-solving with fractions, as well as to explore the role of adaptive learning in this learning task in children of elementary school. The research design is a case study. A group of students using a mobile application based on adaptive learning, developed to carry out the tests, solving problems with fractions. The results show that the modalities of computational thinking present in the test are trial and error, iteration, and recursion, with a prevalence of recursion. At the same time, the adaptation of the problems with fractions by the mobile application according to the individual capacities of the children indicates the benefits that this type of technology has for learning fractions.

Keywords: adaptive learning, computational thinking, fraction learning.

¹ Doctor en Educación, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, amancinas@hermosillo.tecnm.mx, <https://orcid.org/0000-0001-8149-4900>
² Ingeniero en Sistemas Computacionales, Tecnológico Nacional de México-Instituto Tecnológico de Hermosillo, Hermosillo, Sonora, México, manuelmontijo21@gmail.com

INTRODUCCIÓN

-El aprendizaje de las matemáticas en general y de las operaciones con fracciones en particular por estudiantes de educación básica, constituye en la actualidad uno de los problemas que aqueja a la educación primaria en México. Los resultados de pruebas como PLANEA o las realizadas por el Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación (INEE), arrojan que en matemáticas los estudiantes tienen un nivel de insuficiencia del 59.1 % [1], a la vez que experimentan dificultades para identificar y comparar fracciones, realizar operaciones básicas de suma y resta con ellas, multiplicarlas por un número natural o su uso en la división, entre otros problemas [2].

Resultados similares, tanto en México como en el extranjero, arrojan las diferentes investigaciones llevadas a cabo para diagnosticar las causas de esta problemática y encontrar posibles soluciones a la misma [3], [4], [5]. Con el paso de los años, los libros de texto gratuitos publicados por la Secretaría de Educación Pública (SEP) con ejercicios de matemáticas, se han ido adaptando de tal manera que sus contenidos sean acordes con la experiencia cotidiana del niño [6]. Lo anterior, debido el esfuerzo que implica el inicio del alumno al pensamiento abstracto, en esa etapa de su desarrollo cognitivo, a través de la representación numérica y geométrica de los objetos y fenómenos de su entorno incluso con el uso de TIC [7].

El aprendizaje de las fracciones inicia en tercer grado de primaria y es fundamental en el proceso de razonamiento abstracto de los estudiantes, así como en el éxito o fracaso de estos últimos en grados escolares superiores [8]. A pesar de las innovaciones pedagógicas introducidas en los libros de texto basadas en el estudio de la didáctica de las matemáticas, el aprendizaje de las fracciones continúa siendo una asignatura pendiente en México.

Por otra parte, con la introducción de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en la escuela y



su rápida evolución, han surgido nuevas herramientas que pueden ayudar al docente de educación básica. Destacan, por una parte, el pensamiento computacional como estrategia cognitiva en la resolución de problemas relacionados con operaciones básicas con fracciones como es el caso del ensayo-error, la iteración y la recursividad, que constituyen estrategias de razonamiento aptas para abordar problemas relacionados con la abstracción matemática [9]. Por la otra, el aprendizaje adaptativo que brinda la oportunidad a los infantes de avanzar a su propio ritmo, en función de sus capacidades y aptitudes [10], a la vez que ofrece al maestro un apoyo para detectar de forma temprana los problemas de aprendizaje de sus alumnos.

Así, la dificultad que experimentan los niños en el aprendizaje de las fracciones constituye un obstáculo que les impide desarrollar el pensamiento lógico-matemático, considerado como fundamental en las etapas posteriores de su educación, por lo que se requiere de nuevos enfoques para abordar la problemática antes descrita. Esto conduce





a formular las siguientes preguntas de investigación:

¿Cuáles son las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones por estudiantes de cuarto grado de educación primaria?

¿Cuál es el rol del aprendizaje adaptativo en la resolución de ejercicios con fracciones en estudiantes de educación básica?

Es sobre la problemática antes descrita y las herramientas antes mencionadas, pensamiento computacional y aprendizaje adaptativo, que trata el presente estudio. Su objetivo principal es el de identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta tarea en niños de cuarto grado de educación básica.

Para llevar a cabo la investigación se procedió en tres etapas: 1) Identificación de las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, a través del uso de entorno de programación Scratch; 2) Diseño y desarrollo de una aplicación móvil basada en el aprendizaje adaptativo, que contiene 51 ejercicios con fracciones organizados en tres niveles de dificultad: bajo, medio y alto; 3) Suministro de un test de ejercicios con fracciones usando la aplicación móvil.

ANTECEDENTES

El pensamiento computacional se relaciona con procesos cognitivos vinculados con el planteamiento de problemas y la búsqueda de soluciones a los mismos. Las soluciones pueden ser ejecutadas por un humano, una computadora o la combinación de ambos, mediante el procesamiento de información [11].

El objetivo principal del pensamiento computacional es el desarrollo de habilidades de pensamiento como las que posee un científico de la computación. Tal es el caso del razonamiento por abstracción, el pensamiento crítico o la resolución de problemas. A lo antes expresado se debe

agregar la capacidad de cálculo de las computadoras para explorar nuevas técnicas para producir conocimiento [12]. Este último es el caso de la simulación informática, que ha venido a sumarse a los métodos cuantitativos y cualitativos utilizados por la ciencia contemporánea.

Desde una perspectiva pedagógica, el pensamiento computacional se caracteriza por una manera de razonar que fomenta el análisis y la relación de ideas para la organización y representación lógica, lo cual lo hace propicio para su uso en entornos de aprendizaje basados en TIC desde una edad temprana [9].

Por su parte, el aprendizaje adaptativo tiene como premisa la adaptación del proceso educativo a las fortalezas y debilidades de cada estudiante. Se trata de una nueva modalidad de aprendizaje basada en las TIC que busca adaptar el aprendizaje a las necesidades, dificultades, capacidades y estrategias cognitivas de cada estudiante, en función de los datos que este aporta en su interacción con los componentes de un curso y datos adicionales en proveniencia de test psicométricos y estilos de aprendizaje, entre otros [13], [14].

Su origen se remonta a las aportaciones al aprendizaje por ensayo y error y la ley del efecto realizadas por Thorndike, así como a las máquinas de enseñanza y la teoría de la enseñanza programada de Skinner [15], al igual que a los trabajos, llevados a cabo más tarde por Papert, sobre el uso de las computadoras por niños basándose en los trabajos de Piaget y Vigotsky [16].

Actualmente esta modalidad de aprendizaje se desarrolla con la incorporación de tecnologías provenientes de la inteligencia artificial como el aprendizaje automatizado [17], así como el recurso a analíticas de aprendizaje [18]. Esta tecnología educativa se asume como un reto, ya que su uso es aún precario y pocas instituciones ponen énfasis en su desarrollo. Hasta el momento se ha utilizado principalmente en universidades, en la enseñanza de disciplinas altamente estructuradas como las matemáticas, la física o la química [19].

En la actualidad tanto empresas editoriales como las dedicadas al desarrollo de plataformas digitales con fines educativos, ofrecen servicios de aprendizaje adaptativo a través de sistemas en línea. A la vez, se acepta que adaptar la enseñanza a las capacidades individuales del alumno es una necesidad latente.

MÉTODO DE TRABAJO

Esta investigación tiene un enfoque mixto y un alcance exploratorio. Se utilizó un diseño de estudio de caso, en lugar del diseño cuasi experimental previsto originalmente, debido a la imposibilidad de acceder a un grupo experimental y a un grupo de control de una escuela primaria pública. Este cambio se justifica por la situación debida a la pandemia COVID-19.

La muestra, de casos tipo, estuvo compuesta por 10 niños de cuarto grado de educación básica, en proveniencia de escuelas primarias de la ciudad de Hermosillo. Debido

a la situación de pandemia antes mencionada, se procedió a solicitar el permiso de padres de familia conocidos, con el fin de que accedieran a que sus hijos evaluaran la aplicación móvil cuyo diseño se describe más adelante.

Modalidades de pensamiento computacional

Con la finalidad de identificar los tipos de pensamiento computacional implicados en la resolución de problemas con fracciones, se procedió a trabajar con una muestra de 30 ejercicios con diferentes niveles de dificultad tomados del libro oficial de texto de cuarto grado de primaria, cuya resolución fue analizada utilizando el entorno de programación Scratch, orientado niños y jóvenes [20].

Diseño de la aplicación móvil

Para observar los tipos de pensamiento computacional utilizados y las posibilidades del aprendizaje adaptativo en la resolución de problemas con fracciones, se diseñó una aplicación móvil compuesta por los siguientes módulos: inicio, mostrado en la Figura 1, razonamiento y recomendador.



Figura 1. Inicio de la aplicación móvil.

El docente asigna una actividad en forma de prueba de fracciones, con la cual se obtiene una clasificación inicial del alumno. Por su parte, el estudiante realiza los ejercicios asignados y se ingresan los datos al módulo de razonamiento como se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Módulo de razonamiento.

A su vez, el módulo de razonamiento informa de los errores resultantes durante la realización de la prueba, con el fin de que el alumno reflexione sobre ellos. Así mismo, se notifica al profesor sobre los resultados del usuario para que este realice una interacción personal o grupal con los niños.

El sistema propondrá una serie de ejercicios adaptativos acorde a cada alumno. A partir de este momento y dependiendo del avance, aciertos y destrezas mostradas, el estudiante podrá avanzar al siguiente ejercicio con un nivel de dificultad mayor o, en caso contrario y después de tres intentos, la aplicación de desplegará una alerta de que requiere la ayuda del profesor. Las alertas pueden ser visualizadas en el reporte diario que es enviado por correo al docente. El funcionamiento general de la aplicación se ilustra en la Figura 3.



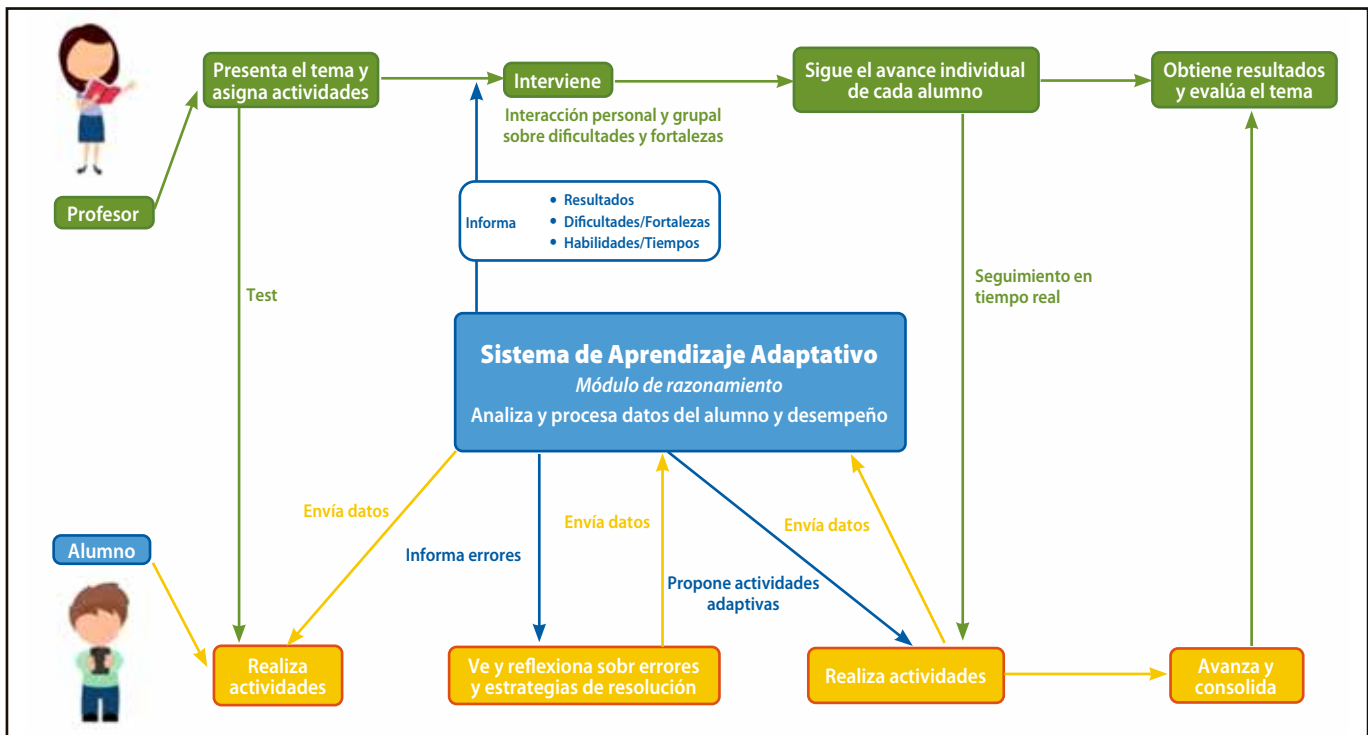


Figura 3. Funcionamiento de la aplicación móvil.

RESULTADOS

De las 14 modalidades de pensamiento computacional inventariadas [9], se seleccionaron las de ensayo y error, iteración y recursividad descritas en la Tabla 1.

Tabla 1. Tipos de pensamiento computacional en la resolución de ejercicios con fracciones.

Tipo de pensamiento computacional	Descripción
Ensayo y error	Es un proceso de resolución de problemas por aproximaciones sucesivas. Resulta clave para los estudiantes que se inician en la resolución de problemas con fracciones, ya que estos ponen a prueba los modelos cognitivos creados a partir de la experiencia cotidiana, comparándolos con representaciones abstractas en el caso de las fracciones.
Iteración	Consiste en una serie de procedimientos repetitivos utilizados en los lenguajes de programación. Esta forma de pensamiento se inicia desde una edad temprana en el aprendizaje de las fracciones, mediante el desdoblamiento de operaciones y la construcción del esquema de fracción iterativo [9].
Recursividad	Es un proceso a través del cual una función se llama a sí misma de manera iterativa, hasta el logro de una condición predefinida. Cuando un problema debido a su complejidad no puede ser resuelto, se remite a otro problema menor con las mismas características pudiendo ser resuelto.



Se eligieron estas tres formas de pensamiento computacional debido a que en las pruebas realizadas se encontró que eran las más utilizadas, dadas las condiciones iniciales de los niños como aprendices.

Así, para el caso de la suma y la resta con fracciones se determinó que estas dos operaciones están ligadas a la iteración, dado que son procedimientos repetitivos en las primeras etapas de desarrollo del infante.

Por su parte, la multiplicación se relaciona con el ensayo y error ya que para resolver este tipo de ejercicios se recurre a los sentidos, la experimentación y la representación de las ideas obtenidas de la experiencia.

En el caso de la división, esta se corresponde con la recursividad debido a que estos problemas no pueden, por lo general, ser resueltos como tales pero si ser remitidos a otros problemas más sencillos y con las mismas características.

Resolución de ejercicios

Se obtuvo un buen nivel de compromiso, por parte de los usuarios, en la resolución de problemas mediante la aplicación. Los estudiantes mostraron interés en realizar la prueba y comentaron que los problemas tenían el nivel adecuado para su edad.

En la Tabla 2 se muestra la correlación existente entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional y cantidad de actividades recomendadas.

Tabla 2. Correlación entre ejercicios con fracciones, tipo de pensamiento computacional y actividades recomendadas a través de videos didácticos.

Nombre del ejercicio	Tipo de pensamiento computacional	No. de actividades recomendadas.
Medios cuartos y octavos	Ensayo y error	10
¿Qué parte es?	Iteración	10
En partes iguales	Recursividad	10
La recta numérica	Recursividad	16
Reparto de manzanas	Iteración	10
Saltos	Ensayo y error	12
Dosis de medicamento	Iteración	12
Moños	Ensayo y error	12
¿Qué parte es?	Recursividad	13
¿Qué parte es?	Iteración	13
Cuadrados	Recursividad	13
Sombras	Ensayo y error	13

En lo que respecta al tiempo promedio para resolver los ejercicios, por niveles de dificultad aquellos clasificados como de nivel bajo tardaron un promedio de 3 minutos y 11 segundos, mientras que los cinco que llegaron al nivel medio ocuparon 4 minutos con 33 segundos. Finalmente, al nivel de dificultad alto llegaron tres alumnos con tiempos de 26 y 36 segundos para los dos primeros y 8 minutos para el tercero.





En relación con el número de intentos realizados por usuarios para resolver los problemas desplegados en la aplicación, con la ayuda de las actividades sugeridas por el módulo recomendador, un 30 % realizó de 1 a 3 tentativas, mientras que un 40 % se ubicó en un rango de 5 a 9 y un 30 % entre 12 y 15 ensayos. Por otra parte, los niños que después de tres intentos no pudieron resolver los ejercicios, la aplicación solicitó el apoyo personalizado del docente.

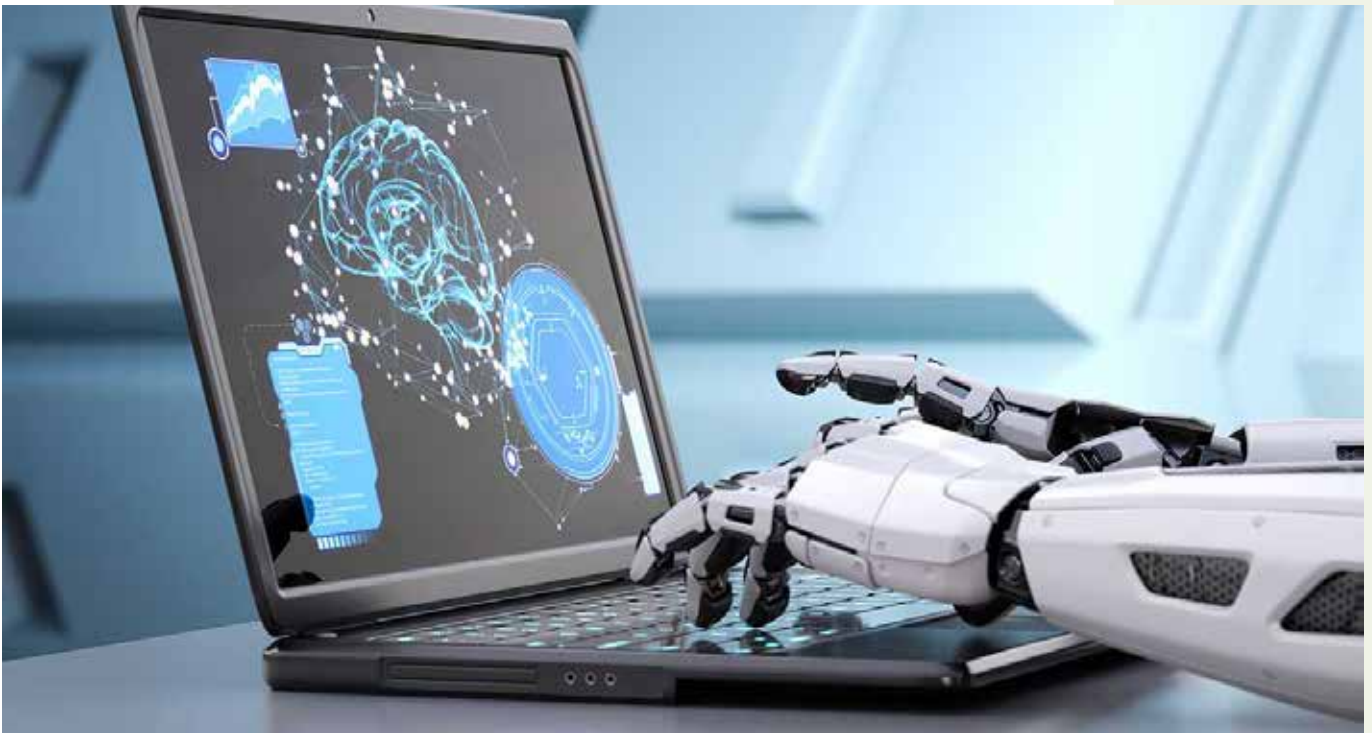
Una de las características más importantes de la aplicación es la detección de usuarios que necesitan ayuda personalizada cuando no puedan resolver los problemas por ellos mismos, aún con el apoyo del módulo recomendador. El número de estudiantes que necesitó ayuda personalizada fue del 50%.

En lo que concierne a los tres tipos de pensamiento computacional y el porcentaje en que estos fueron utilizados, se obtuvieron los siguientes resultados: recursividad 39.39%, iteración 30.30% y ensayo y error 30.30%.

Con respecto a la relación entre los niveles de dificultad de los ejercicios y el tipo de pensamiento computacional utilizado, se puede observar que no existe una correlación directa entre ambos factores como se aprecia en la Tabla 3. En todos los niveles se recurrió a las tres modalidades de pensamiento, a excepción de la recursividad en el nivel medio. Sin embargo, se puede apreciar una mayor presencia de la recursividad en el primer y último nivel. Tampoco se puede considerar que el tipo de pensamiento computacional esté asociado con el éxito de los estudiantes, ya que en el bloque de mayor dificultad están presentes las tres modalidades con predominio de la recursividad.

Tabla 3. Relación entre el nivel de dificultad de los ejercicios y la modalidad de pensamiento computacional.

Nivel de dificultad	Pensamiento computacional	No. de ejercicios	No. de alumnos que resolvieron los ejercicios
Bajo	Ensayo y error	3	10
	Iteración	2	
	Recursividad	8	
Medio	Ensayo y error	8	5
	Iteración	8	
	Recursividad	0	
Alto	Ensayo y error	4	3
	Iteración	2	
	Recursividad	12	



Finalmente, un punto crítico de la aplicación es la retroalimentación mediante actividades recomendadas. Así, un 30% de los estudiantes requirió entre 38 y 48 recomendaciones, un 10% de 25, un 30% de 14, mientras que otro 30% oscila entre 3 y 9.

CONCLUSIONES

El objetivo principal de este estudio ha sido identificar los tipos de pensamiento computacional presentes en la resolución de problemas con fracciones, así como explorar el rol del aprendizaje adaptativo en esta tarea, en niños de cuarto grado de educación básica.

En lo que respecta al pensamiento computacional se seleccionaron tres tipos de un total de 14 disponibles: ensayo y error, iteración y recursividad. De los resultados obtenidos se concluye que las tres formas de pensamiento fueron utilizadas de manera equilibrada, destacando la recursividad con un 39.39%, mientras que la iteración y ensayo-error obtuvieron un 30.30% cada una.

En lo que concierne al aprendizaje adaptativo y en función del modelo de usuario, el sistema pudo detectar a los alumnos a partir de los intentos realizados para ejecutar un ejercicio y emitirles recomendaciones, a través de la visualización de videos didácticos que les sirvieran de apoyo para completar la tarea a realizar.

En relación con las preguntas de investigación sobre las modalidades de pensamiento computacional implicadas en la resolución de ejercicios con fracciones, se puede responder que los tres tipos están presentes en los diferentes niveles de dificultad, con predominio de la recursividad.

En cuanto a la pregunta sobre el rol del aprendizaje



adaptativo, debido a la detección del número de intentos de los usuarios por el sistema, estos recibieron apoyo con ejemplos basados en videos que les ayudaron a completar los ejercicios y pasar al siguiente nivel. Los que no lo lograron en las tres primeras tentativas fueron canalizados por la aplicación con el docente. El 100 % logró finalizar con éxito el primer nivel con al apoyo del módulo recomendador. Lo mismo sucedió con el 50% y 30% restante, que consiguió pasar al segundo y tercer grado de dificultad respectivamente.

Fomentar el uso del pensamiento computacional como apoyo en el aprendizaje inicial de las fracciones parece una opción viable, dadas las modalidades de esta forma de pensamiento implicadas. Incorporadas a sistemas de aprendizaje adaptativo, que incluyan analíticas de aprendizaje y módulos recomendadores, pueden resultar de gran ayuda para los docentes de educación básica que trabajan con grupos numerosos.



BIBLIOGRAFÍA

- [1] INE, "La educación obligatoria en México". Instituto Nacional para la Evaluación de la Educación, Ciudad de México, Informe 2019, 2019.
- [2] PLANEA, "Evaluación interna 6° grado de educación primaria. Descriptores de niveles de logro", Secretaría de Educación Pública, México, 2020.
- [3] E. Reséndiz y CA. González, "Enseñanza de fracciones en tercer grado de primaria: análisis del discurso y prácticas pedagógicas", *Revista Internacional de Ciencias Sociales y Humanidades, SOCIOTAM*, vol. XXVIII, no.1, pp.109-138, enero-junio 2018.
- [4] N. Hansen, N. Jordan y J. Rodrigues, "Identifying learning difficulties in fractions: a longitudinal study of student growth from third through sixth grade", *Contemporary Educational Psychology*, vol. 50, pp. 45-59, July 2017, doi.org/10.1016/j.cedpsych.2015.11.002
- [5] M.N. Istiqomah y S. Prabawanto, "The difficulties of fifth grade students in solving mathematic fractions word problems", *Journal Basic Of Education*, vol.03, no.02, pp. 152-160, June 2019, doi:10.24269/ajbe.v3i2.1835
- [6] Secretaría de Educación Pública, *Desafíos matemáticos. Cuarto grado. Ciclo escolar 2020-2021*, México: SEP, 2020.
- [7] M.E. Sánchez, "El desarrollo del pensamiento abstracto en Educación Primaria mediante el uso de la Realidad Aumentada como recurso didáctico", M.E y TIC. tesis, Universitat Oberta de Catalunya, Membrilla, Ciudad Real, España, 2021, <http://hdl.handle.net/10609/133487>
- [8] C. A. Barbieri, J. Rodrigues, N. Dyson, N.C. Jordan, "Improving fraction understanding in sixth graders with mathematics difficulties: Effects of a number line approach combined with cognitive learning strategies", *Journal of Educational Psychology*, vol.112, no.3, pp. 628-648, June 2020, doi.org/10.1037/edu0000384
- [9] M. Zapata-Ros, "Pensamiento computacional: Una nueva alfabetización digital", *Revista de Educación a Distancia (RED)*, no.46, pp. 1-47, septiembre 2015, <https://doi.org/10.6018/red/46/4>
- [10] J. Sjaastad y C. Tømte, "Adaptive Learning Systems in Mathematics Classrooms", en *Education Research Highlights in Mathematics, Science and Technology*. Iowa: ISRES, 2018, pp. 30-46.
- [11] M. Guzdial, A. Kay, C. Norris y E. Soloway, "Computational

thinking should just be good thinking", *Communications of the ACM*, vol. 62, no. 11, pp. 28-30, November 2019, doi.org/10.1145/3363181

- [12] J. L. Zapotecatl, *Introducción al pensamiento computacional: conceptos básicos para todos*. México: Academia Mexicana de Computación, 2018.
- [13] Kinshuk. (2016). *Design adaptive and personalized learning environments*. Londres: Routledge.
- [14] C. López y L.P. Bedolla, "El aprendizaje adaptativo para la regularización académica de estudiantes de nuevo ingreso: la experiencia en un curso remedial de matemáticas", *EduTec. Revista Electrónica De Tecnología Educativa*, no.74, pp. 206-220, diciembre 2020, doi.org/10.21556/edutec.2020.74.1627
- [15] J.C. Levy, *Adaptive Learning and the Human Condition*. New Jersey: Pearson, 2013.
- [16] S. Papert, *La máquina de los niños: replantearse la educación en la era de los ordenadores*. Barcelona: Paidós Ibérica, 2003
- [17] G. Marzano y V. Lubkina, "An adaptive learning model based on a machine learning approach. Information and Communication Technologies", in *Education- Conference on Mechatronics and Robotics*, Dubai, February 2020.
- [18] A. Mavroudi, M. Giannakos y J. Krogstie, "Supporting adaptive learning pathways through the use of learning analytics: developments, challenges and future opportunities", *Interactive Learning Environments*, vol.26, no.2, pp. 206-220 February 2017, dx.doi.org/10.1080/10494820.2017.1292531
- [19] M. Liu, E. McKelroy, S.B. Corliss y J. Carrigan, "Investigating the effect of an adaptive learning intervention on students' learning", *Education Tech Research* no. 65, pp.1605-1625, September 2017, doi.org/10.1007/s11423-017-9542-1
- [20] J. Fagerlund, P. Häkkinen, M. Vesisenaho y J. Viiri, Jouni, "Computational thinking in programming with Scratch in primary schools: A systematic review", en *Computer Applications in Engineering Education, Special Issue Article*, pp. 2-28 May 2020, doi.org/10.1002/cae.22255

Cómo citar este artículo:

Mancinas González, A., & Montijo Mendoza, M. F. PENSAMIENTO COMPUTACIONAL Y APRENDIZAJE ADAPTATIVO EN LA RESOLUCIÓN DE PROBLEMAS CON FRACCIONES. *EPISTEMUS*, 15(30). <https://doi.org/10.36790/epistemus.v15i30.171>