

Implementación de aprendizaje adaptativo para el desarrollo del pensamiento computacional
de los estudiantes de primer año de ingeniería
Implementation of adaptive learning for the development of computational thinking of first-
year engineering students

Cabello Pinales, M. Del C.¹, Álvarez Rodríguez, F.J.²

¹ Dpto. de Computación e Ingeniería Industrial, Universidad de Monterrey
Ave. Ignacio Morones Prieto 66238 San Pedro Garza García, Nuevo León, México.
¹maria.cabellop@udem.edu, ²fjalvar.uaa@gmail.com

² Dpto. de Ciencias de la Computación, Centro de Ciencias Básicas.
Av. Universidad, #. 940, CP 20120, Aguascalientes, Ags. México.

Fecha de recepción: 7 de febrero de 2024

Fecha de aceptación: 1 de agosto de 2024

Resumen. Este estudio presenta los resultados de aplicar una herramienta de aprendizaje adaptativo en un grupo de primer año de ingeniería en un curso de programación. El objetivo fue verificar si esta herramienta promueve un mejor desarrollo del pensamiento computacional. Se utilizó estadística descriptiva e inferencial, dividiendo a los alumnos en grupos de control y experimental. La metodología fue aplicar pruebas estandarizadas de pensamiento computacional al inicio y final del semestre a dos grupos, el grupo experimental utilizó la herramienta durante una clase y además contestó una encuesta de satisfacción al término del curso. Los resultados del grupo experimental revelan un incremento en el dominio del pensamiento computacional y alta satisfacción. Se concluye que el uso de tecnología adaptativa mejora el rendimiento académico.

Palabras Clave: Aprendizaje, Adaptativo, Pensamiento, Computacional, Programación, Ingeniería.

Summary. This study presents the results of applying an adaptive learning tool in a group of first-year engineering students in a programming course. The objective was to verify if this tool promotes a better development of computational thinking. Descriptive and inferential statistics were used, dividing the students into control and experimental groups. The methodology was to apply standardized computational thinking tests at the beginning and end of the semester to two groups. The experimental group used the tool during a class and also answered a satisfaction survey at the end of the course. The results of the experimental group reveal an increase in the mastery of computational thinking and high satisfaction. It is concluded that the use of adaptive technology improves academic performance.

Keywords: Learning, Adaptive, Computational, Thinking, Programming, Engineering.

1 Introducción

Actualmente, los avances en inteligencia artificial presentan una oportunidad significativa para el aprendizaje adaptativo, alineado con el enfoque de Educación 4.0 que promueve un aprendizaje personalizado y auto regulado que se adapta a las necesidades individuales de los estudiantes [1][2][3]. Dada la creciente demanda global de profesionales en desarrollo de software, la investigación en este campo se vuelve crucial, especialmente para abordar los desafíos en el desarrollo del pensamiento computacional entre los estudiantes de primer año de universidad [4][5][6].

El objetivo de aprendizaje del curso de programación y algoritmos de las carreras de ingeniería en la Universidad de Monterrey es que el alumno sea capaz de analizar e identificar la forma en que un problema puede ser resuelto por medio de la computadora, definiendo las especificaciones y diseñando la solución mediante algoritmos, por ello es que el alumno debe poder aplicar el pensamiento computacional. Este curso es obligatorio para todas las ingenierías y es el primero de una serie de cursos de programación para las carreras de tecnologías computacionales, mecatrónica y robótica, por lo que es de suma importancia para dejar en los alumnos bases sólidas.

En la búsqueda continua de lograr que los alumnos comprendan el pensamiento computacional se llevó a cabo un experimento utilizando un recurso de aprendizaje adaptativo ya aplicado en otros países y contextos: el software Autothinking. para el curso de programación y algoritmos de la escuela de ingeniería en la Universidad de Monterrey.

1.1 Marco teórico

Educause es una asociación sin fines de lucro que apoya a quienes lideran, administran, implementan y utilizan la tecnología de la información en todos los niveles dentro de la educación superior [7] en su publicación: *7 Things You Should Know About Adaptive Learning* [8] brinda la información concisa de tecnologías educativas emergentes y señala que el aprendizaje adaptativo es una técnica para proporcionar un aprendizaje personalizado, cuyo objetivo es brindar rutas de aprendizaje eficientes, efectivas y personalizadas a cada estudiante para conseguir su involucramiento. Por otra parte, menciona que, en apoyo al aprendizaje adaptativo se han desarrollado sistemas computacionales de aprendizaje adaptativo que utilizan datos para brindar rutas de aprendizaje al ritmo de cada estudiante, esto consigue atender a más cantidad de estudiantes.

Actualmente, gracias a los adelantos en la inteligencia artificial, el estudio de la aplicación del aprendizaje adaptativo utilizando tecnología es un área de oportunidad, [2]. Además, en el informe del Foro Económico Mundial [3], en el marco de trabajo de Educación 4.0, se plantea a la educación como un aprendizaje personalizado y auto regulado, “De un sistema donde se estandariza el aprendizaje, a uno basado en las diversas necesidades individuales de cada alumno, y lo suficientemente flexible como para permitir que cada estudiante progrese a su propio ritmo”.

Samuel, et al.[9], realizaron una investigación en estudiantes de nivel profesional del departamento de ciencias en la universidad de Enugu, ellos utilizaron el modelo de enseñanza intrínseca de Crowder (ramificación), los principales hallazgos del estudio mostraron que los estudiantes universitarios de la especialidad en matemáticas y la especialidad en física a los que se les enseñó el curso de dinámica con el modelo de instrucción de Norman Crowder lograron mejores resultados que sus contrapartes a los que se les enseñó los mismos temas con el método expositivo.

Spruel [10] realizó una investigación en el curso de Biología de la universidad en la que labora en Luisiana, USA donde utilizó dos grupos, uno con la tecnología de aprendizaje adaptativo y el otro sin la tecnología. Los resultados fueron que los estudiantes inscritos en el grupo con aprendizaje adaptativo obtuvieron calificaciones más altas, hubo disminución de bajas académicas y mayor tasa de aprobación contrariamente a los estudiantes inscritos en el grupo de enseñanza tradicional.

Muñoz [11] presenta una revisión sistemática de las tecnologías de aprendizaje adaptativo utilizadas en educación superior. Entre sus hallazgos menciona que de manera predominante los investigadores utilizaron exámenes y encuestas para adquirir los datos para estudios de diseño experimental y se sugiere que es necesario realizar investigaciones utilizando más tipos de metodologías. En la mayoría de los estudios revisados se utilizaron sistemas de aprendizaje adaptativo, por ejemplo, Knewton, Realizeit, Dreambox learning, Smart Sparrow, Cogbooks, McGrawHill Connect, entre otras [12] [13].

En México, la Academia Mexicana de Computación A.C., en su compendio titulado “Pensamiento computacional en México”, señala que en el país aún no existe una estrategia nacional para el desarrollo del pensamiento computacional, a diferencia de otros países que sí existe, como Estados Unidos, Gran Bretaña, Europa, entre otros. [14]. Denning y Tedre [15] señalan que la complejidad de lograr el pensamiento computacional es lograr representar los elementos del mundo en números o símbolos, esto se logra por medio de separar el problema en piezas funcionales, contar con comunicación entre ellas y mantener la revisión de calidad en las entradas y salidas. Lyon & Magana, [16], Team [17], Félix [18] y Ng [19] presentan en cuatro etapas el proceso de pensamiento computacional, además, Iglesias y Bordignon [20] y Ortega-Ruipérez [21] añaden una quinta etapa:

1. Descomposición, es la técnica para resolver grandes problemas, separarlos en partes y resolver cada una de ellas.
2. Abstracción, es la técnica de ver las partes más importantes de cada pieza, esto permite llevar la solución a otros problemas a resolver.
3. Reconocimiento de patrones, consiste en identificar las conexiones entre las partes que fueron separadas, revisando repeticiones o cambios, así entender el problema complejo, algunos autores lo describen como generalización.
4. Pensamiento algorítmico, es el proceso de describir paso a paso la solución a un problema que brinda un resultado confiable y consistente, es decir, que siempre que se repita dará el mismo resultado.
5. Evaluación de las soluciones planteadas, permite analizar datos e ideas, a través de comparaciones lógicas que ayudan a verificar las ideas y acciones elaboradas.

Herrero-Álvarez [22] en su tesis de máster investigó la competencia en pensamiento computacional entre estudiantes de formación profesional en España, evaluando diversas herramientas cuantitativas para medir esta habilidad. Tras un análisis exhaustivo, seleccionó el Computational Thinking Test (CTt, o TPC en español) desarrollado por Román-González [23]. Herrero-Álvarez destacó que, a diferencia de otros instrumentos que se

enfocan en las percepciones subjetivas de los estudiantes sobre sus habilidades, el CTt permite una medición cuantitativa precisa del pensamiento computacional.

Mooney y Lockwood [24] realizaron un estudio longitudinal con 292 estudiantes de ciencias computacionales en Irlanda para evaluar el desarrollo de sus habilidades de pensamiento computacional. La evaluación incluyó habilidades como descomposición de problemas, formulación de soluciones, pensamiento algorítmico, automatización, depuración de errores y generalización. Utilizando una prueba con ítems del sitio web de Bebras, administrada en dos ocasiones —durante la tercera semana y en la semana 10 del primer semestre—, evaluaron la efectividad de la enseñanza en función de las mejoras en estas competencias y la capacidad de la prueba para predecir el éxito académico. También se recogieron datos demográficos y percepciones sobre computación a través de dos encuestas, para explorar cómo el origen y la demografía de los estudiantes influían en sus resultados y perspectivas sobre el curso.

1.2 Planteamiento del problema

A pesar de que el aprendizaje adaptativo ha sido explorado en niveles educativos desde primaria hasta maestría, su aplicación en el desarrollo del pensamiento computacional a nivel profesional es limitada [25]. Además, se identificó que, aunque existen tecnologías de aprendizaje adaptativo que ofrecen contenido prediseñado o permiten su personalización por parte de los instructores, ninguna aborda específicamente el pensamiento computacional [26]. Revisando los estudios de Herrero-Álvarez [22] y de Mooney y Lockwood [24] en los que miden el desarrollo de la competencia de pensamiento computacional con la prueba de TPC y obteniendo resultados cuantitativos y positivos, se considera para este estudio el uso de la misma herramienta para medir la competencia de pensamiento computacional. Esta investigación responde a la necesidad del departamento de computación de la Escuela de Ingeniería y Tecnologías de la Universidad de Monterrey de mejorar el rendimiento académico de los alumnos de primer ingreso en el curso de Programación y algoritmos, donde los índices de reprobación son elevados. Esto subraya la importancia y la oportunidad de investigar y desarrollar recursos adaptativos específicos para el pensamiento computacional en contextos universitarios en México.

2 Metodología

El estudio se realiza en la Escuela de Ingeniería y Tecnologías, la cual cuenta con una población de 1,384 estudiantes a la fecha del estudio. El período de estudio abarcó desde agosto de 2023 hasta diciembre de 2023, siendo en total 16 semanas de clases. La población objetivo fue conformada por alumnos de primer año inscritos en el curso de Programación y Algoritmos, este curso es requisito para todas las carreras de ingeniería. Para esta investigación se seleccionaron aleatoriamente dos grupos, uno para la parte experimental y otro para la de control, uno con población de 23 (el experimental) y el de control con una población de 20 alumnos. Se aplicó la prueba de diagnóstico de pensamiento computacional validada, elaborada y proporcionada por el Dr. Román González [27] a ambos grupos al inicio del semestre y se midió el nivel de competencia de pensamiento computacional al inicio del periodo académico, se trabajó durante el semestre en el grupo experimental con la herramienta Autothinking, la cual aplica el aprendizaje adaptativo y fue utilizada anteriormente por Samuel [9] y Spruel [10] en otras disciplinas. La herramienta fue instalada en el laboratorio, se dio acceso a los estudiantes en la semana 5 y 10 del curso y se proporcionó toda la hora de clase. Al finalizar el semestre se aplicó la misma prueba que se realizó al inicio del curso para medir el nivel de competencia de pensamiento computacional adquirida en ambos grupos. Además, se aplicó una prueba para medir la experiencia de usuario UX CSAT a los estudiantes del grupo experimental para analizar el nivel de satisfacción de la herramienta adaptativa.

En la figura 1 se muestran las pantallas más representativas. El grupo de control se conformó de 20 alumnos. A ambos grupos se les aplicó la prueba de pensamiento computacional TCP-Bebras la segunda semana del semestre y la última del semestre, en las figuras 2 y 3 se muestran los reactivos más representativos.

Para el análisis descriptivo, en primer lugar, se obtuvieron los promedios de calificaciones de cada grupo por la prueba de pensamiento computacional; luego, se analizaron los datos con una media de dos muestras independientes y se comparó la distribución de las calificaciones de cada grupo mediante los diagramas de caja. Se realizó de nuevo el mismo análisis, pero ahora con los resultados de la prueba de pensamiento computacional al terminar el curso, analizando ahora los datos con una media de dos muestras buscando que la primera media fuera mayor que la segunda, es decir, que el grupo experimental realmente obtuviera mejores resultados.

Además de lo anterior, se repitió el segundo análisis, pero ahora utilizando las actas de calificaciones finales que se reportan al departamento de escolar, buscando validar de nuevo el uso de la tecnología adaptativa.

Finalmente, se pidió a los alumnos del grupo experimental que contestarán una encuesta de satisfacción UX, para conocer cualitativamente su opinión del uso de la herramienta.

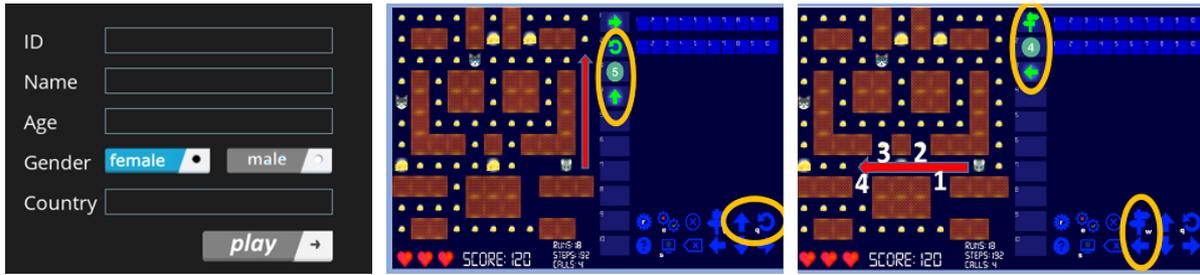


Figura 1. En la figura de la izquierda se muestra el *login*, para que el algoritmo adaptativo funcione se deberá poner la información del jugador en secuencia cada vez que se juegue, por ejemplo: ID=1,2,3,4; nombre, sexo, país, y edad. En la del centro se muestra la aplicación del concepto de Ciclos, el ratón se mueve la cantidad de veces que se colocó en la barra y en la dirección indicada con la flecha. En la pantalla de la derecha se practica el estatuto condicional, el ratón se mueve hasta la separación indicada con el número y en dirección de la flecha

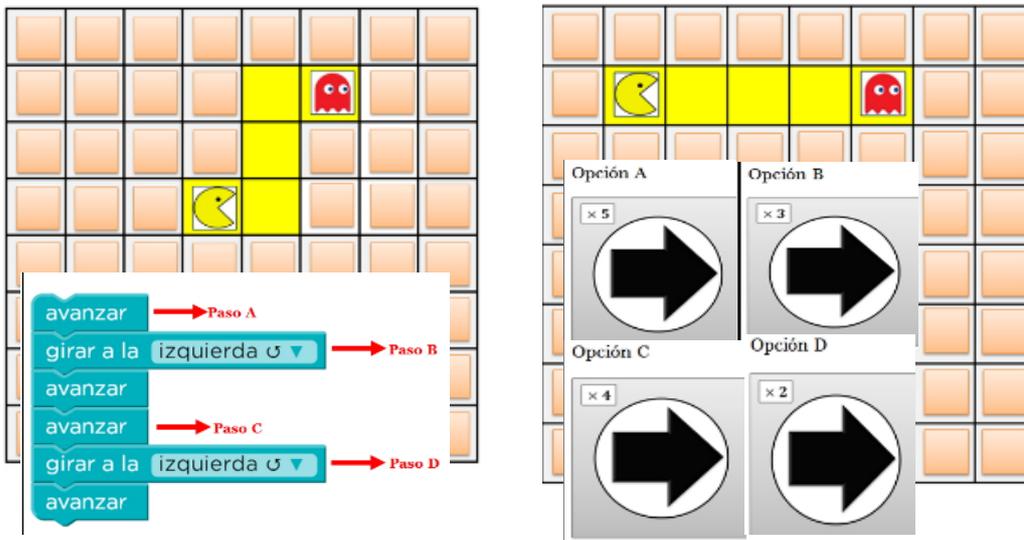


Figura 2. Reactivos del TPC-RA+Bebras. En la imagen de la izquierda se evalúa el manejo de secuencias, preguntando en cual paso está el error, en la imagen de la derecha se evalúan ciclos, cuantas casillas se debe mover ($\times 5, \times 3, \times 4$ o $\times 2$).

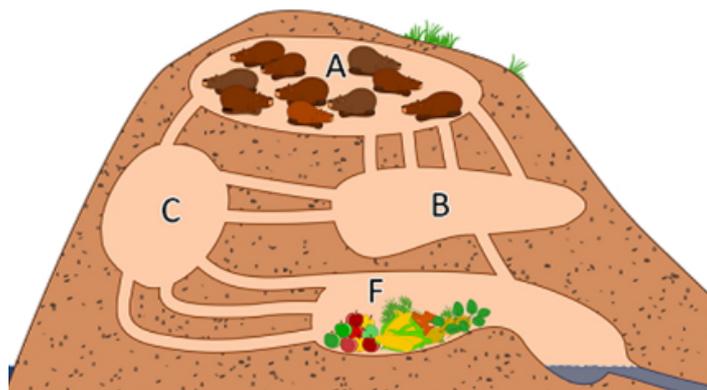


Figura 3. Reactivos del TPC-RA+Bebras. En la imagen se muestra un problema del sitio de Bebras: la casa de los castores: la casa de los castores es una cueva que tiene 4 habitaciones conectadas por túneles y los castores deben de llegar lo más rápido posible a una habitación para comer siguiendo unas reglas establecidas, en este problema se aplican claramente las etapas del pensamiento computacional.

3 Resultados

Los resultados del análisis descriptivo de la tabla 1 muestran los promedios de calificaciones de la prueba de pensamiento computacional de cada grupo; luego, se analizaron los datos con una media de dos muestras independientes presentados en la tabla 2, encontrando una confianza del 99% de la diferencia entre las medias y se comparó la distribución de las calificaciones de cada grupo mediante los diagramas de caja en la Figura 4. Se realizó de nuevo el mismo análisis mostrado en la tabla 3, pero ahora con los resultados de la prueba de pensamiento computacional al terminar el curso, analizando ahora los datos con una media de dos muestras buscando que la primera media fuera mayor que la segunda, es decir, que el grupo experimental realmente obtuviera mejores resultados, se encontró satisfactorio con una confianza del 95%, se presenta en la tabla 4.

Además de lo anterior, se repitió el segundo análisis mostrado en la tabla 5, pero ahora utilizando las actas de calificaciones finales, reforzando que el uso de la herramienta adaptativa, en conjunto con todo el resto de recursos que se emplean en el curso, mejoraron el aprendizaje de los alumnos. Este resultado corrobora los encontrados en estudios efectuados por Samuel [9], Spruel [10] y Muñoz [11], reforzando el hallazgo de que el uso de la herramienta adaptativa mejora el aprendizaje de los alumnos que la utilizan.

En la tabla 6 se presentan los resultados de la prueba de medias, en la que se esperaba que la calificación promedio del grupo experimental fuera mayor a la del grupo de control, y por lo tanto rechazar H_0 con $\alpha = 0.05$.

Tabla 1. Estadística descriptiva del pre test de pensamiento computacional

| Grupo | n | \bar{X} | σ | MIN | MAX |
|--------------|----|-----------|----------|-----|-----|
| Experimental | 23 | 80.087 | 10.099 | 60 | 97 |
| Control | 18 | 72.555 | 9.363 | 53 | 87 |

Tabla 2. Prueba de medias de dos muestras independientes pre test

| | |
|--------------------|---------------|
| Estadístico t | 2.46896 |
| Valor crítico | ± 2.71223 |
| P value | 0.01818 |
| Grados de libertad | 37.82113 |

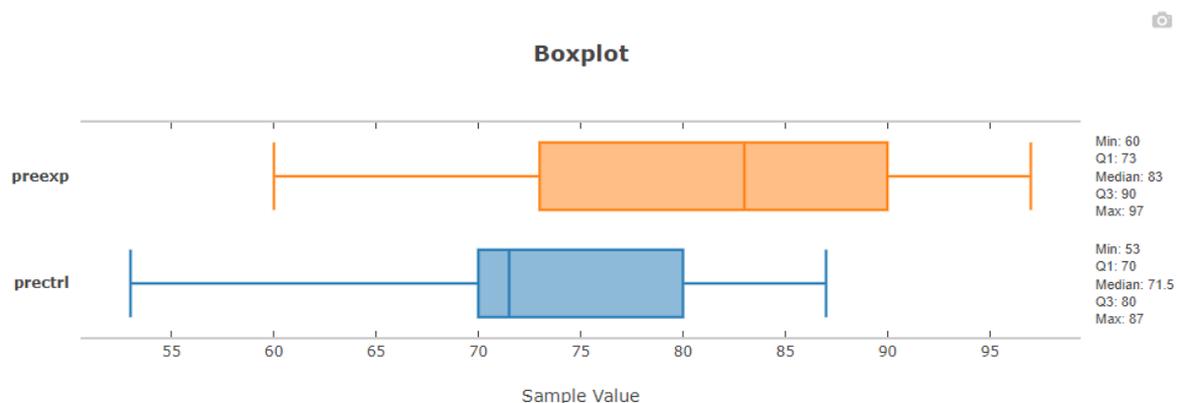


Figura 4. Diagrama de caja que muestra la distribución de las calificaciones de cada grupo, se observa que el grupo experimental tiene una desviación mayor en las calificaciones mínima y máxima, siendo estas 60 y 97. En cuanto al grupo de control las calificaciones de este se presentaron de forma homogénea en el rango de 53 como mínima y 87 como máxima.

Tabla 3. Estadística descriptiva del post test de pensamiento computacional

| Grupo | n | \bar{X} | σ | MIN | MAX |
|--------------|----|-----------|----------|-----|-----|
| Experimental | 20 | 79.70 | 9.3082 | 60 | 93 |
| Control | 16 | 71.125 | 13.5345 | 47 | 90 |

Tabla 4. Prueba de medias de dos muestras independientes post test

| | |
|--------------------|----------|
| Estadístico t | 2.15857 |
| Valor crítico | 1.70659 |
| P value | 0.02022 |
| Grados de libertad | 25.60495 |

Tabla 5. Estadística descriptiva de las calificaciones finales del curso

| Grupo | n | \bar{X} | σ | MIN | MAX |
|--------------|----|-----------|----------|-----|-----|
| Experimental | 23 | 84.3478 | 13.44216 | 56 | 100 |
| Control | 19 | 71.421 | 21.1878 | 23 | 100 |

Tabla 6. Prueba de medias de dos muestras independientes calificaciones finales

| | |
|--------------------|----------|
| Estadístico t | 2.30381 |
| Valor crítico | 1.69853 |
| P value | 0.01426 |
| Grados de libertad | 29.30886 |

La satisfacción de los estudiantes ante el uso de la aplicación en el curso con la herramienta adaptativa se midió mediante una encuesta de satisfacción con escala UX CSAT obteniendo 18 respuestas. Las primeras cinco preguntas iban del rango de 1 a 5 en donde 1 es lo más positivo o mejor y 5 lo contrario. La figura 5 muestra la tendencia en las respuestas en donde se aprecia una predominancia en la aceptación de la herramienta.

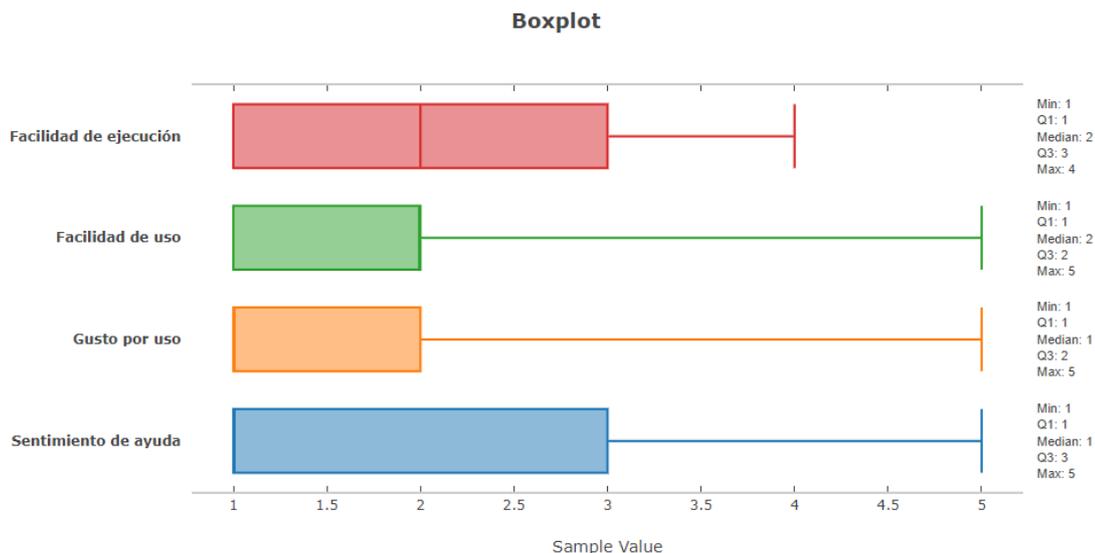


Figura 5. En el diagrama de caja podemos observar que las respuestas de facilidad de uso y gusto por la herramienta adaptativa son más concentradas hacia el mejor nivel de satisfacción que la ejecución de la herramienta y el sentir que les ayudó en el curso, sin embargo, la tendencia en las primeras 4 respuestas resume que el nivel de satisfacción por la herramienta fue exitoso.

4 Conclusiones y trabajos futuros

De acuerdo con los resultados, la implementación de la herramienta adaptativa en el curso de programación y algoritmos de alumnos de primer año de la escuela de ingeniería y tecnologías de la Universidad de Monterrey permitió que los alumnos que utilizaron esta herramienta (grupo experimental) hayan obtenido un mejor resultado académico respecto del grupo que no dispuso de dicho recurso adicional al curso, de acuerdo a los resultados estadísticamente significativos al final del semestre.

A partir del intervalo de confianza de 95%, el grupo experimental incrementó su desempeño académico en el curso respecto al grupo de control. Al finalizar el semestre, Basado en los resultados, se concluye que existe una diferencia estadísticamente significativa entre las medias de las dos muestras, con μ_1 siendo mayor que μ_2 .

Los resultados soportan la hipótesis alternativa a un nivel de confianza del 95%. La prueba proporciona evidencia suficiente para afirmar que la media de la muestra del grupo experimental es superior a la de la segunda que es el grupo de control, lo cual revela una ventaja en el aprovechamiento académico.

A partir del análisis inferencial, al realizar la prueba t de Welch para comparar las medias de dos muestras independientes, suponiendo que estas muestras no tienen varianzas iguales, se encontró que la prueba de igualdad de medias al inicio del semestre es estadísticamente igual y los promedios de calificaciones son estadísticamente diferentes al final del semestre, en el que el resultado del grupo experimental fue mejor que el de control.

El análisis de los diagramas de caja realizado al inicio del semestre para comparar ambos grupos de estudiantes muestra que el grupo experimental tiene una desviación mayor en las calificaciones mínima y máxima, siendo estas 60 y 97 y en el grupo de control las calificaciones se presentaron de forma homogénea en el rango de 53 como mínima y 87; sin embargo, al finalizar el semestre, la concentración de calificaciones del grupo experimental es mayor que el de control al obtener notas superiores, en el cual el grupo experimental obtuvo una mediana de 79, mientras que el de control, de 71.

Dados los resultados anteriores, concluimos que los promedios de calificaciones son iguales en el grupo de control y en el experimental al inicio del semestre; después el promedio se incrementa al final del semestre a favor del grupo experimental. Aparte del beneficio en el aprovechamiento académico, el uso de la herramienta adaptativa presenta ventajas en cuanto al involucramiento de los estudiantes, ya que, al ser una herramienta lúdica, lo hace más atractivo para mantener su atención. A partir de los resultados de la encuesta de satisfacción, el 78% de los alumnos opinaron que les gustó la herramienta, y el 61% de ellos recomendó que se utilizara en todos los cursos que imparten la materia de programación y algoritmos.

La experiencia descrita en este estudio aporta significativamente en dos ámbitos principales: en primer lugar, ofrece una propuesta para que los educadores implementen recursos de contenido adaptativo en sus metodologías de enseñanza. En segundo lugar, fomenta la exploración de nuevos recursos adaptativos que incorporados en clase impacten positivamente en el rendimiento académico de los estudiantes. Además, se sugiere como futura línea de investigación la inclusión de recursos con inteligencia generativa, con el objetivo de determinar si la introducción de esta nueva herramienta de aprendizaje influye en los comportamientos de estudio de los estudiantes. Específicamente, se propone investigar si apalancados en la inteligencia artificial se pueden generar recursos lúdicos adaptativos que contribuyan a un aumento en el tiempo dedicado al estudio y cómo esto reflejarse en mejores resultados académicos de los estudiantes.

Referencias

- 1 Novelo, V. A., & Córdova, K. E. G. Modelo de diseño de un instrumento para el aprendizaje y evaluación adaptativa de saberes algebraicos. *Texto Livre: Linguagem e Tecnologia*, 15, e37264. <https://doi.org/10.35699/1983-3652.2022.37264> (2022).
- 2 Fengying, L. F., Yifeng, H. Y., & Qingshui, X. Q. Progress, Challenges and Countermeasures of Adaptive Learning: A Systematic Review. *Educational Technology & Society*, 24(3), 238–255. (2021).
- 3 Weforum. *Catalysing Education 4.0 Investing in the Future of Learning for a Human-Centric Recovery*. https://www3.weforum.org/docs/WEF_Catalysing_Education_4.0_2022.pdf (2022, mayo).
- 4 Cen, H. México requiere de más programadores para abastecer la demanda global. *Expansión*. <https://expansion.mx/opinion/2022/07/28/mexico-requiere-programadores-abastecer-demanda-global> (2022).
- 5 Robledo, J. V. Programación y desarrollo digital, las carreras más demandadas en la actualidad. *Diario La República*. <https://www.larepublica.co/especiales/oportunidades-educativas/programacion-y-desarrollo-digital-lo-mas-demandado-3454226> . (2022, 21 diciembre).
- 6 Rojas-López, A., & García-Peñalvo, F. J. Evaluación del pensamiento computacional para el aprendizaje de programación de computadoras en educación superior. *Revista de Educación a Distancia (RED)*, 20(63). <https://doi.org/10.6018/red.409991> (2020).

- 7 EDUCAUSE Overview. EDUCAUSE. <https://www.educause.edu/about/discover-membership/member-benefits/educause-overview> (2022).
- 8 7 Things You Should Know About Adaptive Learning. EDUCAUSE. <https://library.educause.edu/resources/2017/1/7-things-you-should-know-about-adaptive-learning> (2017, 4 enero).
- 9 Samuel Onyinyechi, Nneji & Anamezie, Rose. EFFECT OF NORMAN CROWDER'S PROGRAMMED INSTRUCTION MODEL ON UNDERGRADUATES' ACADEMIC ACHIEVEMENT IN DYNAMICS: IMPLICATIONS FOR EFFECTIVE TEACHING AND LEARNING OF MATHEMATICS AND PHYSICS. 5. 223-237 .(2022).
- 10 Spruel, L. The impact of adaptive learning technology on academic achievement in a stem course at an HBCU institution (TFG) (2020).
- 11 Muñoz, J. L. R., Ojeda, F. M., Jurado, D. L. A., Peña, P. F. P., Carranza, C. P. M., Berríos, H. Q., ... & Vasquez-Pauca, M. J. Systematic Review of Adaptive Learning Technology for Learning in Higher Education. *Eurasian Journal of Educational Research*, 98(98), 221-233. (2022).
- 12 Small, G. A. G. 10 Adaptive Learning Platforms. EdApp Microlearning Blog. <https://www.edapp.com/blog/adaptive-learning-platforms/> (2022, 23 diciembre).
- 13 Capuano, N., & Caballé, S. Adaptive Learning Technologies. *Ai Magazine*, 41(2), 96-98. <https://doi.org/10.1609/aimag.v41i2.5317> (2020).
- 14 Mexicana De Computación, A., Pensamiento, A. C., En México, C., Morales, R., Morales Manzanares, G. E., Pacheco González, A., Quiroz, M., Luis, C., Sucar, E., & Pensamiento, S. *Pensamiento Computacional en México*. Amexcomp.mx. (2021.).
- 15 Denning, P. J., & Tedre, M. *Computational Thinking* (MIT Press Essential Knowledge series). The MIT Press. (2019).
- 16 Lyon, J. L., & Magana, A. J. Computational thinking in higher education: A review of the literature. *Computer Applications in Engineering Education*, 28(5), 1174-1189. <https://doi.org/10.1002/cae.22295> (2020).
- 17 Team, L. *Computational Thinking Definition | Learning.com*. Learning. <https://www.learning.com/blog/defining-computational-thinking/> (2023, 14 febrero).
- 18 Félix, J., Zatarain-Cabada, R., Estrada, M. R. B., & Vara, J. P. An Intelligent Learning Environment for Computational Thinking. *Computación Y Sistemas*, 24(3). <https://doi.org/10.13053/cys-24-3-3480> (2020).
- 19 Ng, A. K., Atmosukarto, I., Cheow, W. S., Avnit, K., & Yong, M. H. Development and Implementation of an Online Adaptive Gamification Platform for Learning Computational Thinking. 2021 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE). <https://doi.org/10.1109/fie49875.2021.9637467> (2021).
- 20 Iglesias, A. A.-. A., & Bordignon, F.-. A. *Introducción al pensamiento computacional*. (2020).
- 21 Ortega-Ruipérez, B. *Pedagogía del Pensamiento Computacional desde la Psicología: un Pensamiento para Resolver Problemas*. *Cuestiones Pedagógicas*, 2(29), 130-144. <https://doi.org/10.12795/cp.2020.i29.v2.10> (2020).
- 22 Herrero-Alvarez, R. *Diagnóstico de habilidades de Pensamiento Computacional en estudios de Formación Profesional*. (2022).
- 23 Román-González, M., Moreno-León, J., & Robles, G. Complementary Tools for Computational Thinking Assessment. *International Conference on Computational Thinking Education 2017 Hong-Kong*. <https://www.researchgate.net/publication/318469859> *Complementary Tools for Computational Thinking Assessment* (2017).
- 24 Mooney, A., & Lockwood, J. The Analysis of a Novel Computational Thinking Test in a First Year Undergraduate Computer Science Course. *AISHE-J*, 12(1). <https://www.researchgate.net/publication/339713142> (2020).
- 25 Alamri, H. A., Watson, S. L., & Watson, W. HLearning Technology Models that Support Personalization within Blended Learning Environments in Higher Education. *TechTrends*, 65(1), 62-78. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00530-3> . (2020).
- 26 Gebhardt, K. Adaptive learning courseware as a tool to build foundational content mastery: Evidence from principles of microeconomics. *Current Issues in Emerging ELearning*, 5(1), 2. (2018).
- 27 Román-González, M. *Solicitud de instrumento CTt para medir pensamiento computacional [Correo electrónico]*. (2023).