

Videojuego educativo para enseñar algoritmos relacionados a grafos

Alonso Utreras

Profesor Guía: Iván Sipirán

GitHub del proyecto: <https://github.com/AlasAltum/Tesis>

Departamento de Ciencias de la Computación

Universidad de Chile

Santiago, Chile

alonso.utreras@ug.uchile.cl

autreras@dcc.uchile.cl

1 Introducción

La forma típica de enseñanza, el aprendizaje pasivo, sigue manteniéndose como metodología imperante en las escuelas e instituciones educativas del país. Sin embargo, esta forma de aprendizaje ha reportado peores resultados. [13]. Por otra parte, existen presiones por parte de las políticas públicas y del mercado laboral que buscan enfocar la enseñanza más en la resolución de problemas en vez del aprendizaje o memorización de contenidos.

En este trabajo, se busca desarrollar un videojuego donde se muestren grafos, en que el jugador debe ejecutar las instrucciones de estos algoritmos, apoyándose en elementos visuales. El objetivo de esta investigación de tesis es determinar si se ven diferencias en los niveles de motivación percibidos por el estudiantado y en el entendimiento de los algoritmos, medido a través de tareas de programación. El público objetivo son estudiantes que estén en su primer año de ciencias de la computación (CS por sus siglas en inglés).

El objetivo de este proyecto es determinar el potencial de los videojuegos educativos, qué tan accesibles son para los usuarios, qué tanto apoyo pueden presentar en la docencia y probar metodologías de recolección de datos durante el proceso para mejorar el diseño de videojuegos educativos en el futuro.

2 Trabajo relacionado

En la reseña realizada por Hartikainen et al. [13] se dan algunas deficiones de aprendizaje activo: donde el proceso de enseñanza ocurre porque quien aprende debe ejecutar pasos y participar en alguna actividad a través de la cual se construye el conocimiento. El equipo enumera justificaciones para el aprendizaje activo: mejores resultados, recomendaciones políticas y las nuevas demandas de la vida laboral actual, como capacidades de comunicación o descubrimiento por cuenta propia.

Los videojuegos serios (Serious Gaming) son una forma de aprendizaje activo. Un trabajo de Bell y Gibson [11] indican que los juegos educativos son más efectivos que las clases, lecturas, videos y tareas. Se indica que el uso de juegos resulta en 9% mejor retención, 11% mejor conocimiento declarativo, 14% mejor conocimiento basado en habilidades y otros indicadores. Sin embargo, recomiendan que los juegos deben ser acompañados de otras formas de enseñanza, así como hacer actividades post juego donde se le pregunta al estudiantado cómo se relacionan los juegos a la materia.

Bell y Gibson [11] identificaron y clasificaron videojuegos de Ciencias de la Computación (CS), considerando un total de 41 videojuegos. Uno de ellos, Map Coloring, se trata sobre grafos, tomando el tema de coloreo de grafos. Se realizó una búsqueda del juego a la fecha (2022), pero no se encontró ningún material al respecto.

En el trabajo realizado por Zhao y Shute [23] se enumeran ejemplos de videojuegos pensados para enseñar programación, tales como Wu's Castle [6], CodeCombat [1], CodeSpell [7], MiniColon [3], tales ejemplos utilizan programación con texto. Sin embargo, también hay numerosos ejemplos que utilizan programación por bloques, como LightBot [12], Scratch [15], [2] y RoboBuilder [20], los cuales abstraen el trabajo de aprender una sintaxis relacionada a los lenguajes de programación. Sin embargo, el impacto de estos videojuegos no ha sido evaluado en muchos casos. En los casos documentados, se cuenta con muestras pequeñas, además de que se trata principalmente de evaluaciones puramente cualitativas [23], [10].

Kiili y su equipo [14] analizaron el uso de videojuegos en enseñanza y evaluación en matemáticas a través de los títulos "Semideus" y "Wuzzit Trouble". A través de estos, llegaron a la conclusión de que es posible utilizar videojuegos para enseñar y evaluar al mismo tiempo. Además, caracterizaron estadísticamente las diferencias producidas por el uso de videojuegos entre resultados de un pre test y un post test, concluyendo que existe una correlación positiva entre el uso de estos videojuegos y mejores resultados académicos en pruebas de matemáticas.

Kiili y su equipo, Bell et al., Giani y otros [18] están de acuerdo en que no hay sistematización en la evaluación de videojuegos educativos. En efecto, hay juegos serios que ni siquiera se denominan o consideran como tales [11]. Por otra parte, no existe una forma estándar de evaluarlos, razón por la cual Petri, Giani y otros [18] crearon el modelo MEEGA+ (Model for the Evaluation of Educational Games and EGameFlow scale).

Entre las faltas mencionadas al momento de crear videojuegos, se mencionan las faltas de 1) Definición de un objetivo de evaluación; 2) Diseño de investigación; 3) Programa de medición; 4) Instrumentos de recolección de datos y 5) Métodos de análisis de datos. Un ejemplo de falta de sistematización: una práctica común al analizar estas herramientas son los comentarios informales por parte del estudiantado [18].

3 Objetivos e hipótesis

3.1 Objetivo generales

Diseñar y desarrollar un videojuego que muestre grafos y algoritmos relacionados a estos, que permita al usuario ir ejecutando acciones en la aplicación según lo pide un algoritmo desplegado en la misma pantalla. La aplicación debe indicar al usuario cuando está en lo correcto y cuándo se equivoca. Se busca establecer diferencias en rendimiento académico y niveles de motivación logrados.

En este caso, se define el rendimiento académico como los resultados obtenidos en una evaluación relacionada a grafos. La motivación se mide según un formulario formulado por Petri [17] que busca medir la percepción de un videojuego y la motivación que este entrega.

3.2 Objetivos específicos

- Diseñar una aplicación interactiva que muestre grafos y permita seguir los pasos relacionados a algoritmos que trabajen con grafos.

- Medir el interés de estudiantes de computación relacionado a grafos antes y después del uso de esta herramienta a través de un formulario.
- Medir la comprensión y capacidad de replicación de un algoritmo relacionado a grafos de un grupo de estudiantes de computación antes y después de probar el videojuego presentado.

3.3 Hipótesis

Se entienden mejores resultados académicos como mejores notas en evaluaciones estándares realizadas por los equipos docentes a cargo del ramo.

Se entiende interés como una medida subjetiva de cuánto un usuario desea aprender sobre un tema en particular.

El grupo de control es aquel que no jugó el videojuego. El grupo de juego es aquel que probó el juego antes de la evaluación.

H1: Un videojuego educativo es una herramienta que mejora los resultados en un test de programación y niveles de interés en estudiantes de primer año de computación.

Para determinar que los resultados académicos son mejores se tendrá como hipótesis nula:

$$\bar{x}_{control} = \bar{x}_{juego}$$

Donde \bar{x} es el promedio en la nota de cada grupo.

Para determinar que los niveles de motivación son mayores, se va a suponer que el nivel de motivación antes y después del videojuego no se ve afectado.

$$\Delta \bar{Motiv}_{juego} = 0$$

Con \bar{Motiv}_{juego} como el nivel de motivación base con respecto a la situación inicial, antes de jugar el videojuego.

3.4 Preguntas de Investigación

El grupo de control es aquel que no jugó el videojuego. El grupo de interés es aquel que probó el juego antes de la evaluación.

P1: ¿Cómo se comparan los resultados en un test de programación entre el grupo de control y el grupo de interés?

P2: ¿Cómo se comparan los niveles de motivación entre el grupo de control y el grupo de interés?

4 Metodología

Se desarrolla un videojuego considerando el feedback de un profesor guía y otros estudiantes que no sean parte de la población objetivo del estudio, ajustándolo según sea necesario.

Asegurarse que el videojuego cumple con las características seguras por autores que proponen metodologías para la evaluación de videojuegos educativos: Gibson et al. [11], Petri, Giano y otros, [18] y Kiili et al. [14]. Si no, seguir iterando.

Cuando se haya impartido la materia relacionada a grafos y se hayan visto los algoritmos BFS y DFS, preguntarle a los alumnos si se creen capaces de programar tales algoritmos desde 0 y guardar estos resultados. Presentar el juego en los cursos cuando se esté impartiendo la materia relacionada a grafos.

El uso del videojuego será voluntario y sugerido, con el requisito de llenar un formulario posterior al uso del juego. El formulario poseerá un cuestionario siguiendo los lineamientos de MEEGA+ planteados [17]

Se revisarán los datos llenados por los estudiantes que accedieron al formulario, en conjunto con los datos recolectados durante el juego mismo, para ver si estos se condicen. Por ejemplo, el juego medirá el tiempo entre clicks. Se espera que un jugador que esté motivado posea un alto nivel de actividad, y una alta cadencia de clicks.

Finalmente, se realizará una prueba de programación en los cursos que vean la materia de grafos, donde los estudiantes tendrán que responder preguntas relacionadas a los algoritmos vistos en el juego. Se separarán dos grupos, uno de control con la gente que decidió no jugar, y otro experimental que sí probó el videojuego.

El programa ofrecerá a los jugadores ejecutar tareas relacionadas con los algoritmos BFS, DFS, Kruskal y Prim relacionados a grafos. Para completar los desafíos presentados, el usuario deberá realizar las instrucciones dictadas por un computador, invirtiendo los roles de un programador y un computador. En este caso, el juego limita al jugador por medio de sus reglas, a seguir los pasos del algoritmo presentado. Si el jugador ejecuta correctamente las instrucciones, ganará, pudiendo pasar a otro nivel.

El videojuego guardará datos durante su ejecución y los enviará a alguna base de datos donde se almacenarán para su posterior análisis. Los datos que se guardarán serán: clicks, movimientos del mouse, acciones del teclado a lo largo del tiempo. Estos datos se usarán para contrastar con la información final y para determinar el grado de veracidad de las respuestas.

Si algo falla durante el proceso, se contará con los datos en otras facultades en el mundo, así como otros semestres académicos. El juego está desarrollado en un 70%, por lo que esto no debería ser problema el desarrollo de este. Se consultó con un comité ético si existen problemas con la metodología, pero no indicaron que existan complicaciones.

5 Resultados esperados y discusión

5.1 Resultados esperados

Se espera observar un nivel de interés superior en los estudiantes con respecto a tópicos de algoritmos relacionados a grafos a través del cuestionario entregado una vez hayan entregado su trabajo. Se esperan mejores resultados en el grupo que pruebe el videojuego, en un intervalo del 8% al 14% de diferencia, lo que debe ser entre 5 y 7 décimas en una escala de evaluación del 1.0 al 7.0 considerando valores decimales intermedios. Además, se busca generar una metodología de prueba para herramientas interactivas cuyo fin sea la enseñanza, de tal manera que otro memorista o tesista en el futuro pueda hacer pruebas análogas con otros algoritmos o estructuras de datos e incluso aplicadas a otras materias.

5.2 Discusión y debilidades

El tamaño muestral puede no ser suficiente. No se sabe cuánto será el tamaño de los grupos de control y experimental, pero se espera que el total de participantes sea superior a 50.

Existe un sesgo al presentar el uso del videojuego como una opción voluntaria, por lo que los estudiantes con más tiempo e interés tenderán a probar el videojuego, pero son quienes a su vez tienen mejores notas. Además, si se presenta solo a estudiantes de una única universidad y un único hemisferio, se presentarán otros sesgos relacionados a la estacionalidad (primavera). Por lo tanto, para aumentar la robustez de

los resultados se llevará este experimento a otras facultades donde se impartan ramos de Algoritmos y Estructuras de Datos donde se aprenda de grafos.

References

- [1] *CodeCombat: Coding games to learn python and JavaScript*. <https://www.codecombat.com/>. Accessed: 2022-May-20. Estos son videojuegos basados en combate donde se lucha con códigos en Python y Javascript.
- [2] *Scratch: Learn Programming with blocks*. <https://scratch.mit.edu/>. Accessed: 2022-May-20. Lenguaje de programación basado en bloques, principalmente hecho para diseñar animaciones y videojuegos.
- [3] Reham Ayman, Nada Sharaf, Ghada Ahmed & Slim Abdennadher (2018): *MiniColon; teaching kids computational thinking using an interactive serious game*. In: *Joint International Conference on Serious Games*, Springer, pp. 79–90. Un videojuego donde hay que recolectar objetos utilizando código.
- [4] Sasha A Barab, Brianna Scott, Sinem Siyahhan, Robert Goldstone, Adam Ingram-Goble, Steven J Zuiker & Scott Warren (2009): *Transformational play as a curricular scaffold: Using videogames to support science education*. *Journal of Science Education and Technology* 18(4), pp. 305–320. Un caso de estudio donde se mencionan conceptos como active learning y serious games.
- [5] Louis Deslauriers, Logan S McCarty, Kelly Miller, Kristina Callaghan & Greg Kestin (2019): *Measuring actual learning versus feeling of learning in response to being actively engaged in the classroom*. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 116(39), pp. 19251–19257. Un estudio que compara el aprendizaje activo versus el aprendizaje pasivo, observando diferencias en rendimiento académico y percepción de aprendizaje.
- [6] Michael Eagle & Tiffany Barnes (2009): *Experimental evaluation of an educational game for improved learning in introductory computing*. *ACM SIGCSE Bulletin* 41(1), pp. 321–325. otro videojuego educativo que busca enseñar ideas de pensamiento computacional.
- [7] Sarah Esper, Stephen R Foster, William G Griswold, Carlos Herrera & Wyatt Snyder (2014): *CodeSpells: bridging educational language features with industry-standard languages*. In: *Proceedings of the 14th Koli calling international conference on computing education research*, pp. 05–14. Set de videojuegos educativos que utilizan distintos recursos lúdicos para enseñar pensamiento computacional.
- [8] N Fraser (2013): *Blockly*. Available at <https://developers.google.com/blockly/:Google>. Un framework de Google que transforma código en bloques en código en JavaScript, Python, PHP, Lua o Dart.
- [9] Carlo Ghezzi, Mehdi Jazayeri & Dino Mandrioli (1991): *Fundamentals of software engineering*. Prentice-Hall, Inc.
- [10] Andreas Giannakoulas & Stelios Xinogalos (2018): *A pilot study on the effectiveness and acceptance of an educational game for teaching programming concepts to primary school students*. *Education and Information Technologies* 23(5), pp. 2029–2052. Caso de estudio que busca ver la efectividad y aceptación de videojuegos educativos. Critica otros trabajos, mencionando que no han mesurado cuantitativamente las diferencias en niveles de motivación que producen estos juegos.
- [11] Ben Gibson & Tim Bell (2013): *Evaluation of games for teaching computer science*. In: *Proceedings of the 8th Workshop in Primary and Secondary Computing Education*, pp. 51–60. En este trabajo se busca entregar un marco para evaluar juegos que enseñan ciencias de la computación.
- [12] Lindsey Ann Gouws, Karen Bradshaw & Peter Wentworth (2013): *Computational thinking in educational activities: an evaluation of the educational game light-bot*. In: *Proceedings of the 18th ACM conference on Innovation and technology in computer science education*, pp. 10–15. Otro videojuego educativo que enseña sobre pensamiento computacional.
- [13] Susanna Hartikainen, Heta Rintala, Laura Pylväs & Petri Nokelainen (2019): *The Concept of Active Learning and the Measurement of Learning Outcomes: A Review of Research in Engineering Higher Education*. *Education Sciences* 9(4), doi:10.3390/educsci9040276. Available at <https://www.mdpi.com/2227-7102/9/4/276>. Una revisión bibliográfica que estudia distintas interpretaciones de aprendizaje activo en distintos proyectos.

- [14] Kristian Kiili, Keith Devlin, Arttu Perttula, Pauliina Tuomi & Antero Lindstedt (2015): *Using video games to combine learning and assessment in mathematics education*. *International Journal of Serious Games* 2(4), pp. 37–55. Un trabajo que propone otra metodología de análisis de efectividad en videojuegos educativos, haciendo una regresión lineal entre puntaje del videojuego y resultados en una prueba estandarizada de matemáticas.
- [15] John Maloney, Mitchel Resnick, Natalie Rusk, Brian Silverman & Evelyn Eastmond (2010): *The scratch programming language and environment*. *ACM Transactions on Computing Education (TOCE)* 10(4), pp. 1–15.
- [16] Jane McGonigal (2011): *Reality is broken: Why games make us better and how they can change the world*. Penguin.
- [17] Giani Petri, Christiane Gresse von Wangenheim & Adriano Ferreti Borgatto (2018): *MEEGA+: A method for the evaluation of educational games for computing education*. *INCoD–Brazilian Institute for Digital Convergence*, pp. 1–47. Formulario y metodología desarrollados para analizar
- [18] Giani Petri et al. (2018): *A method for the evaluation of the quality of games for computing education*.
- [19] Christina Tikva & Efthimios Tambouris (2021): *Mapping computational thinking through programming in K-12 education: A conceptual model based on a systematic literature Review*. *Computers & Education* 162, p. 104083.
- [20] David Weintrop & Uri Wilensky (2012): *RoboBuilder: A program-to-play constructionist video game*. In: *Proceedings of the constructionism 2012 conference*. Athens, Greece.
- [21] Jeanette Wing (2011): *Research notebook: Computational thinking—What and why*. *The link magazine* 6, pp. 20–23.
- [22] Daniela Zehetmeier, Axel Böttcher, Anne Brüggemann-Klein & Veronika Thurner (2019): *Defining the competence of abstract thinking and evaluating CS-students' level of abstraction*. In: *Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences*.
- [23] Weinan Zhao & Valerie J Shute (2019): *Can playing a video game foster computational thinking skills?* *Computers & Education* 141, p. 103633.