

VIDEOJUEGOS Y CIENCIA COGNITIVA PARA EL DISEÑO Y LA EVALUACIÓN DE SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTADÍSTICOS EN NIÑOS DE EDUCACIÓN ELEMENTAL

Jazmine Escobar-Pérez y Aura Nidia Herrera Rojas
 Universidad Nacional de Colombia
jaescobarpe@unal.edu.co

Los videojuegos han resurgido en los procesos de enseñanza-aprendizaje y su uso se empieza a extender también a la evaluación, por su potencial para crear un ambiente lúdico y generar un contexto de evaluación auténtica. Sin embargo, deben contar con las características psicométricas de calidad y basarse en teorías del aprendizaje y de la ciencia cognitiva para poder hacer inferencias acertadas a partir de los puntajes obtenidos. Se presenta el diseño de un videojuego ambientado en un mundo precolombino para evaluar la solución de problemas estadísticos en niños, basado en el modelo de diagnóstico cognitivo jerárquico. El instrumento permitirá obtener información que ayude al maestro a identificar cuáles atributos tienen sus alumnos y cuáles les falta por construir para poder solucionar problemas de estadística.

VIDEOJUEGOS SERIOS

Los videojuegos serios han ido recobrando el terreno perdido frente a los videojuegos de entretenimiento, y su uso en procesos de enseñanza-aprendizaje ha ido incrementado exponencialmente. Sin embargo, casi la totalidad de las evaluaciones de los aprendizajes adquiridos a través de los videojuegos se realizan de manera tradicional con formatos de lápiz y papel, debido a las dificultades que entraña el diseño de ítems en esta modalidad. No obstante, los videojuegos mismos ofrecen un gran potencial para evaluar funciones cognitivas superiores, como pensamiento crítico, razonamiento y solución de problemas (Serrano-Laguna et al., 2012). Por ello, en los últimos años ha empezado a surgir con más fuerza la posibilidad de evaluar por medio de videojuegos. Como ejemplo se encuentra la investigación realizada por Ninaus et al. (2017), que evalúa fraccionarios con un juego que consiste en recorrer la línea numérica. Los investigadores encontraron alta correlación entre los resultados del videojuego y las calificaciones en matemáticas, lo que constituye una evidencia de validez basada en la relación con otras variables. La evaluación dentro de los videojuegos permite acceder tanto a datos *ex situ*, que se toman fuera del entorno del videojuego (como los datos sociodemográficos y los protocolos de pensar en voz alta), como a datos *in situ*, que registran el comportamiento del evaluado dentro del juego (como el tiempo y las decisiones que toma) (Loh et al., 2015).

Todo proceso de evaluación debe cumplir con los procedimientos y estándares de calidad de la medición relacionados principalmente con confiabilidad y validez, incluyendo suficientes evidencias que permitan validar las inferencias que se realizan de los puntajes obtenidos para un uso particular de la medición (American Educational Research Association et al., 2014; Serrano-Laguna et al., 2012). Un aspecto fundamental con el que inicia la medición es la definición de lo que se va a medir y su conexión con una teoría. Afortunadamente, los videojuegos educativos actuales están basados en diferentes teorías del aprendizaje que van desde el constructivismo hasta el aprendizaje situado, privilegiando el papel activo del estudiante en su aprendizaje experiencial en un ambiente orientado a la solución de problemas (Yong et al., 2019).

CIENCIA COGNITIVA Y EVALUACIÓN

La evaluación en pensamiento estadístico está profundamente conectada con la teoría cognitiva, desde sus objetivos hasta su desarrollo. Esto es lo que Nichols et al. (2016) denominan *coherencia horizontal*, que se refiere a la coherencia y la conexión entre los componentes de la evaluación y las teorías cognitivas. Estas teorías guían, por ejemplo, la formulación de la tabla de especificaciones, al orientar qué dimensiones y con qué tareas se medirá, así como su contenido y su nivel de dificultad. Este es el caso, por ejemplo, de la zona de desarrollo próximo, en donde el nivel de dificultad de la tarea es un aspecto fundamental.

Entre los modelos de evaluación que propenden por la necesaria integración entre los aspectos psicométricos y la teoría se encuentran los modelos de diagnóstico cognitivo, que surgieron como respuesta a la necesidad de realizar evaluaciones más coherentes con los objetivos de aprendizaje y los procesos cognitivos que los acompañan. Su objetivo principal es identificar fortalezas y debilidades para

hacer inferencias acerca de las habilidades de las personas en la resolución de problemas (Artavia-Medrano, 2015). Dentro de estos modelos, el de Jerarquía de Atributos (o *Attribute Hierarchy Method*, AHM) se basa, al igual que otros modelos de diagnóstico cognitivo, en el supuesto de que el desempeño en una prueba depende de una serie de atributos que corresponden a habilidades y competencias particulares. En el modelo jerárquico estos atributos se organizan formando un modelo cognitivo (Leighton et al., 2004). El orden que se construye en la jerarquía depende del orden en el que son requeridos los atributos para poder solucionar las tareas. Estas jerarquías pueden estar basadas en soportes empíricos o teóricos provenientes de teorías cognitivas y del aprendizaje (Gierl et al., 2008). El modelo jerárquico fue uno de los que guía el diseño de la evaluación presentada en el presente trabajo en modalidad de videojuego.

SOLUCIÓN DE PROBLEMAS ESTADÍSTICOS

La formulación y solución de problemas forma parte de los estándares de la formación estadística desde primaria. La solución de problemas puede jugar diversos papeles en los procesos de enseñanza- aprendizaje, pues puede ser un medio para aprender, pero también ayuda a evidenciar el resultado de la enseñanza (Lester, 2013). Diferentes disciplinas han estudiado la solución de problemas, desde las teorías del aprendizaje o de la información hasta la psicometría, y—a pesar de las diferentes definiciones que se han ofrecido—la mayoría de ellas están de acuerdo en que un problema corresponde a una tarea que no tiene una respuesta inmediata o específica y para la cual, al menos al inicio, no hay un camino definido para obtener una respuesta (Lester, 2013). En el caso de los problemas estadísticos, la inclusión del contexto dentro del proceso de solución de problemas es muy importante. En efecto, uno de las características fundamentales de la estadística es que los datos que corresponden a los problemas siempre estén en un contexto particular, ya sea real, imaginado o simulado, pues es el contexto el que brinda el soporte para la interpretación de los datos en cada una de las tareas, tanto de aprendizaje como de evaluación.

DISEÑO

El diseño de la escala se basó, por una parte, en el método de mapeo conceptual propuesto por Trochim (1989), que permitió organizar las ideas de un grupo de diez expertos (con pregrado o licenciatura en matemáticas y mínimo cinco años de experiencia enseñando matemáticas en primaria) sobre los conocimientos previos necesarios para formular preguntas y solucionar problemas de estadística, a través de un escalamiento multidimensional y análisis de conglomerados de los atributos, y, por otra, en las teorías cognitivas de carácter jerárquico, que junto con entrevistas cognitivas permiten evidenciar el proceso que siguen los niños al solucionar los problemas de estadística. El videojuego completo mide diferentes atributos que hacen parte de los estándares de estadística. El diseño de cada tarea implicó tanto los aspectos vinculados con el contenido estadístico como la adecuación del contenido a la edad de los niños y niñas que serán evaluados.

Como primer paso se creó una historia para darle contexto a la parte estadística, historia que está ambientada en un mundo precolombino, donde se ha roto el equilibrio y la Pachamama requiere la ayuda del jugador para restaurarlo. El jugador es acompañado en su recorrido por un personaje que dialoga con él y le brinda instrucciones. Para cada una de las tareas se definieron tanto los personajes que intervienen como el tipo de interacción que establecen con los niños y las niñas, cuidando que los diálogos fuesen adaptados a su edad (6 a 11 años) y teniendo en cuenta aspectos como la coherencia de la tarea con la historia, la jugabilidad, el arte y la calificación.

RESULTADOS

Se identificaron los conocimientos previos (atributos) necesarios para formular y solucionar problemas, entre ellos: interpretar datos y usarlos en contexto, coleccionar datos, reconocer cuáles datos son relevantes para una situación particular, formular preguntas que requieran el uso de datos para su solución y comprender la lógica de un experimento. Estos elementos se organizaron en un esquema que está jerárquico (ver Figura 1).

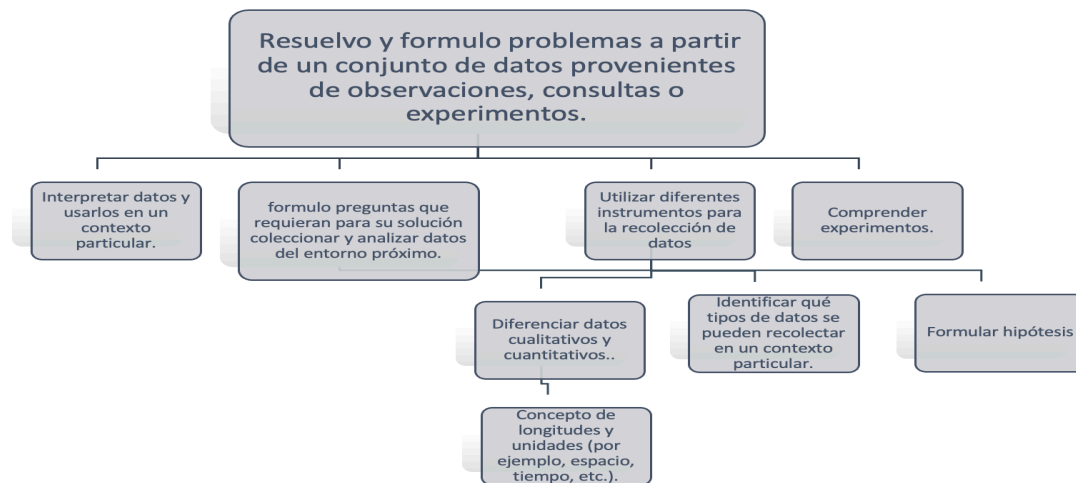


Figura 1. Esquema formulación y solución de problemas con sus conocimientos previos

A continuación, se diseñaron y programaron las tareas para medir cada atributo identificado en Figura 2 se observan algunas de las imágenes del videojuego. Cada tarea tiene tres variaciones, que se presentan en orden de dificultad ascendente. Se incluyó en cada tarea un script para que las respuestas se envíen automáticamente a un Excel que registra varias de sus características: si la tarea fue ejecutada adecuadamente o no (calificación dicotómica 0–1), el tiempo que demoró la realización de la tarea, las respuestas abiertas (cuando las hay), las alternativas de respuesta (cuando las hay) y el número de clics que se dieron sobre las alternativas de respuesta.



Figura 2. Imágenes del videojuego

CONCLUSIÓN

La evaluación permitirá obtener información que ayude al maestro en su trabajo de aula al identificar cuáles atributos tienen sus alumnos y cuáles les falta por construir para poder solucionar problemas de estadística, tema que ha sido poco evaluado en estudiantes de educación elemental. También puede aportar para la investigación y comprobación de teorías cognitivas jerárquicas. El hecho de que el instrumento de medida sea un videojuego permite utilizar su historia para trabajar con tareas

situadas en contexto. Además, permite evaluar con flexibilidad y alta accesibilidad, y recolectar información en diferentes dimensiones, desde la toma de decisiones en pantalla hasta el tiempo de respuesta. Los datos *ex situ*, como los protocolos de pensamiento en voz alta, pueden dar información de los procesos cognitivos llevados a cabo durante el juego. Estos procesos pueden ofrecer información muy valiosa sobre si la tarea en efecto está promoviendo o no los procesos que la teoría sugiere, además de otros aspectos neurálgicos para los procesos de enseñanza y aprendizaje, pues puede mostrar si hay errores conceptuales o de comprensión de las instrucciones o, incluso, métodos no convencionales y creativos de dar respuesta a los problemas formulados. Finalmente, la solución de problemas, además de ser un componente de los estándares, también puede verse como una habilidad transversal en el aprendizaje y la evaluación del pensamiento estadístico.

REFERENCIAS

- American Educational Research Association, American Psychological Association, y National Council on Measurement in Education. (2014). *Standards for educational and psychological testing*. American Educational Research Association.
- Artavia-Medrano, A. (2015). Interpretación y análisis de pruebas educativas y psicológicas con el método rule space. *Actualidades en Psicología*, 29(119). <https://doi.org/10.15517/AP.V29I19.18724>
- Gierl, M. J., Wang, C., y Zhou, J. (2008). Using the attribute hierarchy method to make diagnostic inferences about examinees' cognitive skills in algebra on the SAT. *Journal of Technology, Learning, and Assessment*, 6(6). <https://ejournals.bc.edu/index.php/jtla/article/view/1636>
- Leighton, J. P., Gierl, M. J., y Hunka, S. (2004). The attribute hierarchy method for cognitive assessment: A variation on Tatsuoaka's rule-space approach. *Journal of Educational Measurement*, 41, 205–236. <https://doi.org/10.1111/j.1745-3984.2004.tb01163.x>
- Lester, F. K., Jr. (2013). Thoughts about research on mathematical problem-solving instruction. *The Mathematics Enthusiast*, 10(12), 245–278. <https://doi.org/10.54870/1551-3440.1267>
- Loh, C. S., Sheng, Y., y Ifenthaler, D. (2015). Serious games analytics: Theoretical framework. In C. Loh, Y. Sheng, & D. Ifenthaler (Eds), *Serious games analytics. Advances in game-based learning* (pp. 3–29). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-319-05834-4_1
- Nichols, P. D., Kobrin, J., Lai, E., y Koepfler, J. (2016). The role of theories of learning and cognition in assessment design and development. In A. A. Rupp & J. P. Leighton (Eds.), *The handbook of cognition and assessment* (pp. 15–40). John Wiley & Sons. <https://doi.org/10.1002/9781118956588.ch2>
- Ninaus, K., Kiili, K., McMullen, J. y Moeller, K. (2017). Assessing fraction knowledge by a digital game. *Computers in Human Behavior*, 70, 197–206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.004>
- Serrano-Laguna, Á., Manero, B., Freire, M., y Fernández-Manjón, B. (2018). A methodology for assessing the effectiveness of serious games and for inferring player learning outcomes. *Multimedia Tools and Applications*, 77, 2849–2871. <https://doi.org/10.1007/s11042-017-4467-6>
- Trochim, W. (1989). An introduction to concept mapping for planning and evaluation. *Evaluation and Program Planning*, 12(1), 1–16. [https://doi.org/10.1016/0149-7189\(89\)90016-5](https://doi.org/10.1016/0149-7189(89)90016-5)
- Yong, S. T., Gates, P., Chan, A., Lee, C. S., Matthews, R., y Tiong, K. M. (2019). Exploring the feasibility of computer games in mathematics education. In *Proceedings of the 2019 IEEE International Symposium on Haptic Audio-Visual Environments and Games (HAVE 2019)*. https://doi.org/10.1109/HA_VE.2019.8921018