Eye tracking aplicado a la evaluación y mejora del diseño de cartografía temática en educación secundaria

Palabras clave
Competencias digitales
Competencias geográficas
Cartografía digital
Diseño cartográfico
Eye tracking

Carmen Bentué Martínez
0000-0002-7213-1718
Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza

María Zúñiga Antón
0000-0002-9541-5609
Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio. Universidad de Zaragoza

María Sebastián López
0000-0002-7646-0826
Departamento de Didácticas Específicas. Universidad de Zaragoza

Resumen extendido

El uso de cartografía digital en el aula se ha consolidado como una herramienta clave para el desarrollo de competencias digitales y geográficas, especialmente en un contexto de creciente digitalización del aprendizaje. Sin embargo, la eficacia de estos recursos no depende únicamente de su disponibilidad, sino de su adecuación a las capacidades cognitivas del alumnado. En este sentido, la comprensión de los procesos de lectura cartográfica y del esfuerzo cognitivo que implican resulta fundamental para optimizar tanto el diseño de los mapas como su uso en contextos educativos (Song et al., 2022).

Desde la perspectiva de la cartografía cognitiva, el mapa puede entenderse como un proceso de comunicación en el que intervienen dos agentes principales: quien lo diseña (*mapmaker*) y quien lo interpreta (*map user*) (Montello, 2002). Esta interacción activa una serie de procesos cognitivos que determinan la forma en que la información espacial es percibida, procesada e interpretada. En este marco, la carga cognitiva se define como el esfuerzo mental necesario para extraer y utilizar la información contenida en un mapa, siendo un concepto clave para evaluar la eficiencia del diseño cartografico (Kiik et al., 2017).

A pesar de la relevancia de estos procesos, su análisis empírico en contextos educativos sigue siendo limitado. En particular, existe una escasez de estudios que evalúen de manera objetiva cómo el alumnado interactúa visualmente con los mapas digitales y qué elementos de su diseño influyen en el esfuerzo cognitivo requerido para su comprensión. Este trabajo aborda esta laguna mediante la aplicación de técnicas de eye tracking orientadas a la evaluación de la carga cognitiva en la lectura de cartografía temática digital.

El objetivo principal es identificar patrones de comportamiento visual que permitan inferir el grado de carga cognitiva asociado a diferentes modelos cartográficos, así como analizar la influencia de variables de diseño y del perfil del usuario en dicho proceso. De forma complementaria, se pretende evaluar la relación entre el esfuerzo cognitivo y el rendimiento en tareas de interpretación cartográfica, contribuyendo así a la mejora del diseño de recursos educativos basados en mapas digitales.

CC BY NC SA

La metodología se basa en un diseño experimental de carácter mixto, que combina técnicas cuantitativas de seguimiento ocular con instrumentos cualitativos de evaluación del aprendizaje. La muestra está compuesta por aproximadamente 240 estudiantes de educación secundaria, distribuidos en distintos contextos educativos. Cada participante realiza una serie de tareas de lectura e interpretación de mapas digitales durante sesiones experimentales de aproximadamente 25 minutos.

Los estímulos cartográficos utilizados se diseñan considerando diferentes niveles de complejidad, variando elementos como la densidad de información, la simbología, el tipo de representación o la estructura de la leyenda. Durante la interacción con estos mapas, se registra la actividad ocular mediante dispositivos de *eye tracking*, lo que permite obtener métricas objetivas del comportamiento visual.

La carga cognitiva se evalúa a partir de tres indicadores principales: (i) el tiempo total de lectura, (ii) el número de fijaciones y (iii) la duración media de las fijaciones. Estos indicadores permiten aproximarse al esfuerzo cognitivo requerido para procesar la información cartográfica. Asimismo, el análisis se complementa con la consideración de dos grupos de factores: (i) factores relacionados con el mapa, como la complejidad visual o la dificultad de la tarea, y (ii) factores asociados al usuario, como su experiencia previa o el entorno de lectura.

Además, se incorporan variables de evaluación del rendimiento agrupadas en cuatro dimensiones: eficacia (capacidad de comprender la información), eficiencia (tiempo necesario para completar la tarea), reacción (valoración subjetiva del mapa) y retención (grado de recuerdo de la información tras un periodo de tiempo). Esta aproximación permite analizar de manera integrada la relación entre diseño cartográfico, carga cognitiva y resultados de aprendizaje.

Los resultados esperados apuntan a la identificación de patrones diferenciados de lectura en función del diseño del mapa. Se prevé que configuraciones cartográficas con alta densidad de información, simbología poco jerarquizada o leyendas complejas generen un incremento en los tiempos de lectura y en el número y duración de las fijaciones, lo que indicaría una mayor carga cognitiva. Por el contrario, diseños más claros, con una organización visual coherente y adaptados al nivel del alumnado, favorecerían una lectura más eficiente y una mejor comprensión de la información.

Estos resultados permitirán avanzar hacia la definición de criterios empíricos para el diseño de cartografía digital educativa, orientados a minimizar la carga cognitiva innecesaria y optimizar los procesos de aprendizaje. En este sentido, el uso de técnicas de *eye tracking* aporta una base objetiva para evaluar la eficacia de los mapas, superando enfoques tradicionales basados únicamente en valoraciones subjetivas.

En este contexto, el trabajo contribuye a consolidar el papel de las TIG en el ámbito educativo, no solo como herramientas de análisis y visualización espacial, sino también como instrumentos para la investigación aplicada en didáctica. Asimismo, establece un puente entre la geografía, la educación y las ciencias cognitivas, abriendo nuevas líneas de investigación centradas en la interacción entre usuarios y representaciones espaciales.

La propuesta se enmarca en el proyecto de investigación: PID2024-155735OB-I00: Mapas digitales en el aula: Innovación en el aprendizaje de competencias geográficas mediante técnicas Eye Tracking financiado en el contexto de la Convocatoria Generación de Conocimiento de la Agencia Estatal de Investigación, Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades en 2025. Este proyecto se estructura en una secuencia de fases metodológicas (Figura 1) que incluyen el análisis previo de la cartografía digital en el sistema educativo, el análisis de la lectura cartográfica en estudiantes (fase en la que se inscribe la presente contribución mediante la evaluación de la carga cognitiva a través

de técnicas de eye tracking), la conceptualización de modelos y recomendaciones de diseño, la formación del profesorado y su aplicación en el aula.

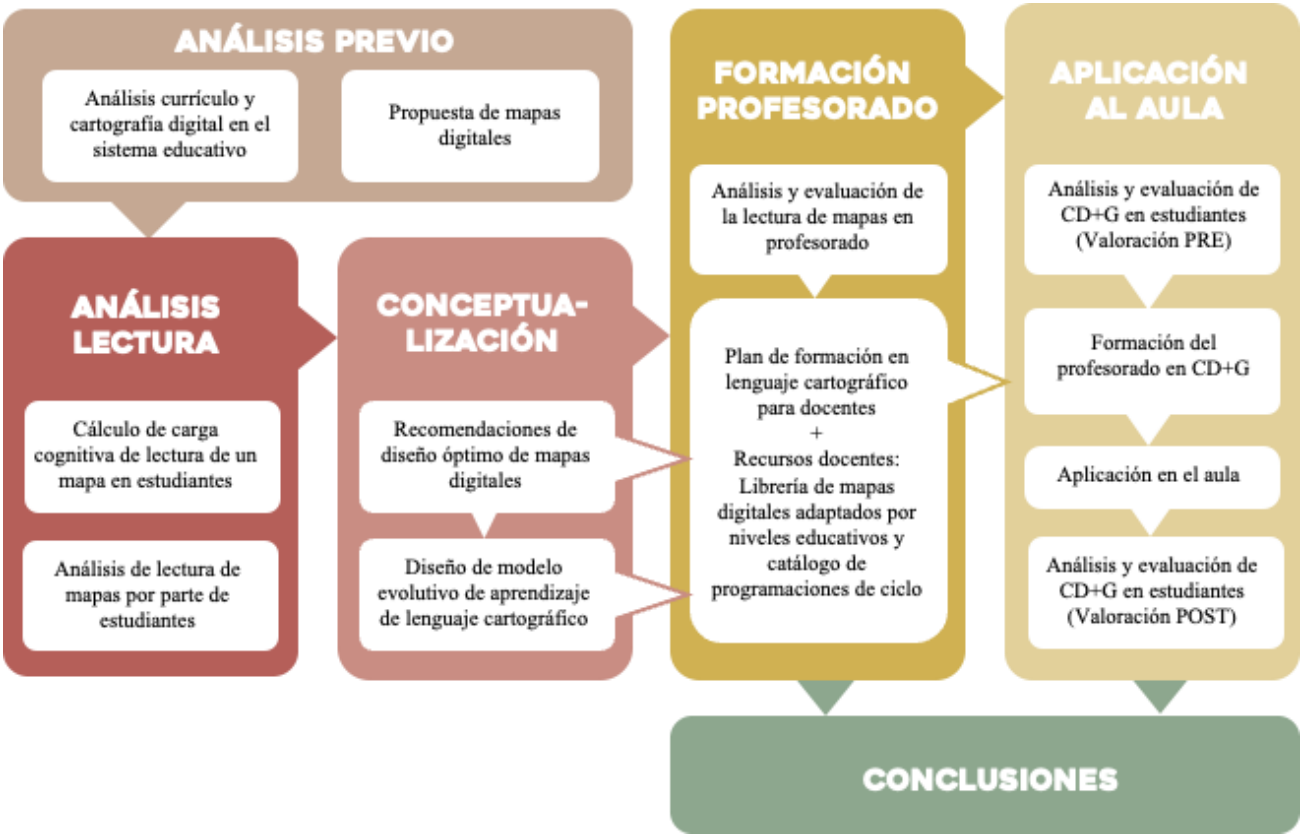


Figura 1. Fases de la propuesta metodológica, desde el análisis previo y el estudio de la lectura cartográfica y su conceptualización, hasta la formación del profesorado y su aplicación en el aula.

Referencias

Máximo 3 referencias.

Montello, D. R. (2002). Cognitive map-design research in the twentieth century: Theoretical and empirical approaches. *Cartography and Geographic Information Science*, 29(3), 283–304. https://doi.org/10.1559/152304002782008503

Kiik, A., Nyström, M., & Harrie, L. (2017). Cartographic design matters – A comparison of thematic polygon design. *The Cartographic Journal,* 54(1), 24–35. https://doi.org/10.1080/00087041.2016.1147191

Song, Z., Prestby, T., Roth, R. E., Iverson, A., Houtman, L., & Gao, S. (2022). Visual storytelling with maps: An empirical study on story map themes and narrative elements. *Cartographic Perspectives*, 100, 10–44. https://doi.org/10.14714/CP100.1759