

ANÁLISIS DE LA LECTURA CARTOGRÁFICA A TRAVÉS DE LA TÉCNICA DE SEGUIMIENTO OCULAR: UNA EXPERIENCIA BASADA EN LA PLANTILLA DE LA NORMA CARTOGRÁFICA DE ARAGÓN

RODRIGO CRESPO PÉREZ ([id](#))¹
MARÍA ZÚÑIGA ANTÓN ([id](#))¹
CARMEN BENTUÉ MARTÍNEZ ([id](#))²
MARCOS RODRIGUES MIMBRERO ([id](#))²
FERNANDO LÓPEZ MARTÍN ([id](#))³
RAFAEL MARTINEZ CEBOLLA ([id](#))³

¹Departamento de Geografía y Ordenación del Territorio, Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza

²Grupo de Estudios de Ordenación del Territorio (GEOT), Instituto de Investigación en Ciencias Ambientales de Aragón (IUCA), Universidad de Zaragoza, calle Pedro Cerbuna 12, 50009, Zaragoza

³Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR), P.º de María Agustín, 36, 50004 Zaragoza

Autor de correspondencia: 776412@unizar.es

Resumen. En cartografía temática, pese a seguir un procedimiento estricto basado en los principios del correcto diseño cartográfico y la excelencia gráfica, es necesaria una evaluación final que permita comprobar aspectos como la eficiencia, la usabilidad, la confianza en la herramienta para la toma de decisiones o conocer posibles recomendaciones directas. La fase de evaluación y validación debe ser la última tarea en la preparación de un mapa, siendo más eficiente modificar los elementos de diseño y deficiencias del mapa antes de comenzar la fase de producción cartográfica final. En esta fase, los usuarios finales forman parte activa del proceso de diseño de la herramienta cartográfica aportando sus diversas opiniones. Para evaluar el uso de estas representaciones cartográficas en la planificación espacial, se pueden utilizar diferentes técnicas, entre ellas las de *eye tracking*. Son un conjunto de tecnologías que permiten monitorizar y registrar la forma en la que una persona mira una determinada escena o Imagen. En cartografía, ayudan a comprender mejor el proceso cognitivo mediante el que el usuario final analiza visualmente los elementos del mapa. Ofrecen una evaluación objetiva del proceso de visualización de la cartografía mediante la monitorización de movimientos oculares permitiendo determinar (i) Dónde está mirando un sujeto de manera continuada; (ii) En qué puntos presta más atención; (iii) Cuánto tiempo necesita para obtener la información que precisa y (iv) Qué distribución de datos le resulta más cómoda. Este trabajo muestra la aplicación de las técnicas *eye tracking* a la Norma Cartográfica de Aragón, demostrando que se ha diseñado correctamente pero que es altamente dependiente de la forma y extensión del área cartografiada como factor fundamental de diseño. Los resultados muestran también que diferentes personas muestran patrones de lectura diferenciados.

Palabras clave: seguimiento ocular, composición de mapas, diseño cartográfico, Norma Cartográfica de Aragón, cartografía cognitiva.

EVALUATION OF THEMATIC CARTOGRAPHY BY MEANS OF EYE TRACKING TECHNIQUES: MODEL OF THE CARTOGRAPHIC STANDARD OF ARAGON

Abstract. In thematic cartography, despite following a strict procedure based on the principles of correct cartographic design and graphic excellence, a final evaluation is necessary to check aspects such as

efficiency, usability, confidence in the tool for decision making or to know possible direct recommendations. The evaluation and validation phase should be the last task in the preparation of a map, being more efficient to modify the design elements and deficiencies of the map before starting the final cartographic production phase. In this phase, the end users are an active part of the cartographic tool design process by providing their various opinions. To evaluate the use of these cartographic representations in spatial planning, different techniques can be used, including eye tracking. These are a set of technologies that make it possible to monitor and record how a person looks at a given scene or image. In cartography, they help to better understand the cognitive process by which the end user visually analyzes the map elements. They offer an objective assessment of the mapping visualization process by monitoring eye movements allowing to determine (i) where a subject is continuously looking; (ii) where he/she pays more attention; (iii) how much time he/she needs to obtain the information he/she needs and (iv) which data distribution is more comfortable for him/her. This work shows the application of eye tracking techniques to the Cartographic Standard of Aragon, demonstrating that it has been correctly designed but that it is highly dependent on the shape and extent of the mapped area as a fundamental design factor. The results also show that different people show different reading patterns.

Keywords: eye tracking, map composition, cartographic design, Cartographic standard of Aragon, cognitive cartography.

1. INTRODUCCIÓN

Los mapas son una herramienta indispensable para el conocimiento de cualquier territorio, ya que permiten ver de manera simplificada aquellos elementos que son de interés dentro de la complejidad propia de la realidad de cualquier espacio (Slocum *et al.*, 2014). No es por tanto extraño que numerosas instituciones y administraciones públicas incluyan entre sus competencias la elaboración y gestión de la información geográfica.

En Aragón, el Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR) “es el órgano responsable de la programación y elaboración de la cartografía básica y derivada de la Comunidad Autónoma de Aragón, así como la coordinación de la cartografía temática, la teledetección, las bases de datos geográficos, la red GNSS (Global Navigation Satellite System) y la información documental sobre ordenación del territorio” (IGEAR, 2022). La gran diversidad de información geográfica, unida a las numerosas administraciones que desarrollan sus propios productos cartográficos, hace que sea indispensable la creación de un documento oficial donde se recoja la forma de hacer los productos cartográficos, para así poder homogeneizar toda la producción cartográfica. Esto permite una mayor facilidad a la hora de intercambiar información y actualizarla.

En el caso de Aragón, lugar donde se ha desarrollado este trabajo, se dispone de la Norma Cartográfica de Aragón (NCA), que busca asegurar unos estándares mínimos de calidad según unos requerimientos técnicos establecidos no solo por el Gobierno de Aragón sino también por organismos estatales (Ley LISIGE) y europeos (Normativa INSPIRE), para hacer posible la interoperabilidad de la información geográfica. Es por tanto de obligado cumplimiento para la cartografía oficial.

Uno de los aspectos que se trata en la NCA es la presentación y difusión cartográfica a través de unas plantillas que establecen la composición oficial que deben seguir los productos cartográficos elaborados por el Gobierno de Aragón.

Si bien es verdad que la mejor forma de disponer los elementos en un mapa es algo que generalmente está sujeto a la experiencia y preferencia del cartógrafo, así como de las necesidades del mapa en función de la forma del área cartografiada que se pretende representar, existen técnicas como la del *eye tracking* que permiten obtener información acerca del proceso de visualización de un mapa para descubrir ineficiencias y formas en las que mejorar los productos cartográficos que se realizan (Popelka, 2019).

El concepto *eye tracking* o seguimiento ocular hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten monitorizar y registrar la forma en la que una persona mira una determinada escena o imagen (Hassan, Y; Herrero, V., 2007; Krassanakis, 2021). Esto es posible gracias a un *eye-tracker* o aparato de seguimiento ocular, que nos permite obtener información objetiva y precisa del proceso de visualización de un mapa (Tobii, 2023), permitiendo conocer aquellas partes donde el sujeto presta mayor atención, cuánto tiempo dedica a extraer la información de cada una de las partes que visualiza, así como al orden que utiliza en su proceso de exploración visual o *scanpath* (Krassanakis, 2019).

2. OBJETIVO E HIPÓTESIS DEL TRABAJO

El primer objetivo de este trabajo es hacer una valoración, a través de la técnica de seguimiento ocular de la eficiencia visual de una pluralidad de personas en la lectura y comprensión de la plantilla cartográfica que utiliza el Instituto Geográfico de Aragón (IGEAR) y algunas modificaciones de la misma.

El segundo objetivo, en función de la identificación previa de esas posibles mejoras, es proponer una maqueta que pueda usar el IGEAR, especialmente en la plantilla que por defecto sale en la función de descargar mapa del visor 2D de la Infraestructura de Datos Espaciales de Aragón (IDEAragón), que optimice su lectura y, por tanto, su usabilidad a todos los niveles, tanto por profesionales como por cualquier ciudadano.

A los efectos de alcanzar dichos objetivos, se parte de unas hipótesis que son las siguientes:

La hipótesis principal es que la composición del mapa influye en la lectura de éste, ya que la disposición de los elementos que conforman un mapa afectaría a la eficacia en su lectura.

Como hipótesis secundarias se espera que:

- 1.- No todas las personas lean un mapa de la misma manera
- 2.- La forma en que lo hagan afecte a la comprensión de la información que éste contiene
- 3.- Que aquellos mapas con el espacio cartografiado representado en el área cartografiada de mayor tamaño se valoren mejor
- 4.- Que los mapas con los elementos auxiliares situados sobre el área cartografiada tengan una valoración inferior a las que lo tengan en la parte inferior del mapa. De igual manera, se espera que los mapas con los elementos auxiliares a la izquierda tengan una peor valoración que los que los tengan a la derecha

3. MATERIALES Y MÉTODOS

Dentro del amplio abanico de campos de trabajo que ofrece el *eye tracking* se decidió valorar la composición de los mapas a través de su comparación con hipotéticas alternativas ya que tendría un mayor alcance al aplicarse en la presentación y difusión cartográfica de esta institución y no solamente a una determinada forma de representación o público objetivo.

3.1. Diseño cartográfico

Para cumplir con los objetivos e hipótesis planteados en el apartado dos, se procedió a la creación de los diferentes mapas que se usarían en el experimento de seguimiento ocular. Estos deberían estar basados, por supuesto, en la plantilla oficial que viene recogida en la NCA.

Estas diferentes alternativas de plantillas cartográficas inspiradas en la original se consiguieron desplazando la leyenda, las observaciones y el mapa auxiliar abajo, izquierda y derecha del área cartografiada respectivamente. Como la plantilla varía en función de la orientación de la página, se realizó tanto para la plantilla vertical como para la horizontal, resultando así en ocho mapas distintos.

En lo que se refiere a la información temática que contendría cada uno de los mapas, se decidió trabajar a escala de la comunidad autónoma de Aragón, que además, es la escala que se utiliza en los ejemplos de plantilla en los documentos oficiales tales como la Norma Cartográfica de Aragón o el Manual de Buenas prácticas sobre mapas del Gobierno de Aragón. Sin embargo, esta elección llevaba asociada la problemática de que la forma de Aragón se ajusta mejor a los mapas de orientación vertical que a los de orientación horizontal, por tanto, para estos mapas se tuvo que utilizar una escala inferior a las de los mapas verticales, reduciendo así el tamaño de este y apareciendo zonas a los márgenes sin información relevante.

Después, se eligió el grado de agregación que se iba a utilizar, escogiéndose las comarcas, ya que son una unidad administrativa intermedia entre Aragón y las provincias. Se trata de un nivel de desagregación mucho más familiar para algunos habitantes de la comunidad autónoma, pero, aun así, supone un ejercicio intelectual ya que en total son 33 comarcas. Para evitar cualquier problema a la hora de identificar durante la prueba cada una de ellas, se colocaron etiquetas con los nombres.

En cuanto a la información que contendría cada mapa. Se decidió que cada uno de ellos representaría una información temática distinta, pues de otra forma se podría extenuar al participante. Las variables reales empleadas fueron distintos indicadores del Índice Sintético de Desarrollo Territorial (Gobierno de Aragón, 2022). Finalmente se eligieron los siguientes indicadores, pretendiendo que fueran comprensibles para

todos los públicos y de una dificultad similar: Densidad de población, Índice de vejez, Precipitación media anual, Población menor de quince años, Tasa de paro, Calidad de paisaje, Temperatura media anual y Empleo en actividad industrial.

Finalmente se planteó la leyenda. La discretización de la variable real se realizó a través de quintiles, permitiendo así poder agrupar los datos en cinco categorías. Esta decisión de que la leyenda estuviera dividida en cinco entradas se debe a que en la práctica, no se recomienda utilizar más de seis clases, y un mínimo de cuatro también estaría dentro de una buena cantidad de entradas para una leyenda (Dent et al., 2009). Además, al ser un número impar tiene un valor central que sirve como punto medio.

3.2. Diseño del proceso de medición y valoración

Una vez definidos los mapas con los que se iba a trabajar, se procedió a diseñar el proceso de medición y valoración mediante *eye tracking*. Si bien ocho participantes pueden llegar a ser un número suficiente para llevar a cabo un estudio de seguimiento ocular (Goldberg y Wichansky, 2003) en este trabajo participaron un total de 75 personas, si bien finalmente se retiraron cinco de los registros por no presentar las circunstancias óptimas de medición. Además, se consideró que para hacer una correcta interpretación de los resultados era necesario recoger datos sobre algunas variables sociodemográficas de los participantes, en función de su sexo (hombre/mujer/NSNC), edad (aquellos entre diecinueve y veintinueve años y los mayores de treinta), nivel de formación (distinguiéndose entre grado dos para aquellos sin título universitario y grado tres para aquellos que sí) y experiencia con mapas, considerando solamente como experimentados a aquellas personas que trabajan de manera asidua con mapas y las personas tituladas con una licenciatura o grado en Geografía.

La realización de la prueba se hizo en dos grandes fases, una primera fase que engloba la medición con el *eye tracker* junto con un cuestionario con preguntas acerca del mapa, y una segunda con otro cuestionario para hacer una valoración de cada uno de los mapas.

La prueba se iniciaba con una breve presentación del proyecto para que los participantes conocieran en qué consistía el proyecto y para qué iban a ser utilizados sus datos. El siguiente paso fue recoger las diferentes variables sociodemográficas de los participantes.

Una vez realizados estos procedimientos comenzaba la medición, que se iniciaba con una calibración específica para cada individuo y de esa manera obtener unos datos más rigurosos. Terminada la calibración, se inició la visualización de los mapas. En primer lugar, el participante pudo observar el mapa de manera totalmente libre (fase de Lectura libre) durante veinte segundos, habiendo sido avisado previamente de que dispondría de ese tiempo. A continuación, aparecía un pantallazo en negro con el número del mapa que estaba a punto de aparecer y después el mismo mapa, de nuevo.

En ese momento, con el mapa delante, se procedió a realizar las preguntas (fase de Lectura condicionada). Cada mapa tenía asignadas cuatro preguntas: las dos iniciales eran a cerca de la disposición de elementos y consulta de las observaciones, la tercera pregunta que consistía en la comparación entre dos comarcas y la cuarta, que consistía en la selección de una comarca en función de la categoría de la leyenda a la que pertenece. Este mismo procesó se repitió para cada una de las ocho composiciones.

Es importante señalar que el orden de salida de los mapas no era siempre el mismo para evitar que la práctica llevara a que los últimos mapas recibieran mejores resultados que los primeros.

Tras haber finalizado la prueba de seguimiento ocular se entregó a los participantes un folio donde aparecían las distintas composiciones de los mapas que habían visualizado y se les pedía que valoraran del uno al cinco cada uno de los mapas, siendo uno la menor puntuación y cinco la mayor.

3.3. Tratamiento de los datos

En lo que se refiere al tratamiento posterior de los datos obtenidos, se empezó por probar la confianza en el diseño experimental. Se buscó probar la solidez del experimento estudiando si los errores cometidos estaban relacionados con algunas de las variables antes mencionadas, así como sí podían estar vinculados al lugar o al orden de salida de los mapas.

Para ello primero se extrajeron dos histogramas que sirvieran como primer acercamiento a los datos, uno para los fallos por persona y otro para estudiar los fallos por preguntas, distinguiéndose además entre los tipos de preguntas: disposición de elementos y consultas de las observaciones (primera y segunda pregunta para cada mapa), comparación entre dos comarcas (tercera pregunta para cada mapa) y

selección de una comarca en función de la categoría de la leyenda a la que pertenece (cuarta pregunta para cada mapa). A partir de este segundo histograma se seleccionaron aquellas preguntas con más errores, utilizando como criterio aquellas que contuvieran más de 10 errores.

Posteriormente se procedió a estudiar si existía algún sesgo en el experimento en función de las variables sociodemográficas utilizadas. Para ello, se ordenaron los datos para cada grupo por variable y se extrajo la proporción de la muestra que supone cada grupo, así como los errores cometidos por cada grupo para cada una de las 5 preguntas y su respectiva proporción. Finalmente, se realizó el test de Chi², con un nivel de fiabilidad del 95% para cada grupo y pregunta.

Para el estudio de la valoración en la composición cartográfica se extrajeron en primer lugar los promedios de la valoración para cada mapa, a fin de saber cuál de las opciones era considerada como mejor, así como el promedio para cada una de las orientaciones, esto es, vertical (Mapa 1.1, 1.2, 1.3 y 1.4) y horizontal (Mapas 2.1, 2.2, 2.3, 2.4). Posteriormente se utilizó el test de Kruskal Wallis (prueba de Dunn para comparación de múltiples grupos), para estudiar si estas diferencias en la valoración eran significativas o no. A continuación, se realizó un gráfico de Likert para visualizar mejor la proporción de la valoración para cada mapa.

En último lugar se procedió a explorar agrupaciones de participantes (perfiles de observación) mediante el tratamiento de los datos obtenidos del seguimiento ocular, empleando para ello las métricas basadas en las Áreas de Interés, que se correspondían con cada uno de los elementos del mapa. Las métricas utilizadas fueron la duración promedio de las fijaciones (una mayor duración indica una mayor dificultad en la extracción de la información o que resulta de alguna manera más interesante (Poole y Ball, 2004)), el número total de visitas (permite conocer cuántas veces se consultó cada uno de los elementos que componen el mapa) y el tiempo hasta la primera visita (ofrece información del interés y la jerarquía visual mediante el tiempo que se tarda en consultar cada elemento del mapa).

Con estas métricas se extrajeron los diferentes perfiles de observación, tanto para los mapas de lectura libre como para los de lectura condicionada. En primer lugar, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), agrupando para cada variable los factores del mapa al que corresponden, así como cada área de interés. Para seleccionar aquellos que eran de interés se utilizaron tres criterios: una proporción acumulada mínima del 70%, una desviación estándar superior o igual a 1 (criterio de Kaiser) y que la proporción de la varianza para ese componente fuese inferior al 10%.

A partir de estos componentes se realizó un clúster utilizando la distancia euclidiana, el método Ward D2 y el índice de Beale, indicando además un mínimo de 3 perfiles de observadores y un máximo de 5. Para aquellos en los que este método no fuese adecuado y que daba lugar a la aparición de artefactos (en este caso para la métrica de tiempo hasta la primera fijación) se cambió la distancia euclidiana a Canberra y el índice de Beale por el de Silhouette. El estudio de estos perfiles por métricas se intentó que fuese caracterizando cada uno de los perfiles y las diferencias entre ellos, señalando también las diferencias entre mapas y, para los mapas de lectura condicionada, la relación existente entre las preguntas y los elementos consultados.

Una vez extraídos los perfiles de observación se procedió a estudiar si existía una vinculación entre estos y las variables de Nivel de Formación y Experiencia, ya que se consideraron que eran las dos únicas variables que podían explicar diferencias en los perfiles de observación, haciendo el test de Chi².

Por último, también se estudió, en este caso solo para los mapas de lectura condicionada, si existía algún tipo de vinculación con los errores cometidos y los perfiles identificados, también utilizando el test de Chi², tanto para los errores totales como para los errores por pregunta, de igual manera que se hizo en el estudio de la confianza del diseño experimental.

4. RESULTADOS

En lo referente a los fallos cometidos por pregunta y confianza en el diseño experimental se vió que la mayor parte de los fallos se concentraban en cinco preguntas, que superaban los 10 fallos. Las cuatro preguntas que concentraban el mayor número de fallos se trataban además del mismo tipo de pregunta, aquellas que pedían la selección de una comarca en función de la categoría de la leyenda a la que pertenece. La pregunta restante correspondía al grupo de la disposición de elementos y consulta de las observaciones.

El test de Chi2, utilizado para probar la confianza en el diseño experimental, mostró que no existen diferencias significativas entre los grupos de todas las variables empleadas, por lo que no hay sesgos en lo que respecta a estas variables que expliquen los errores cometidos.

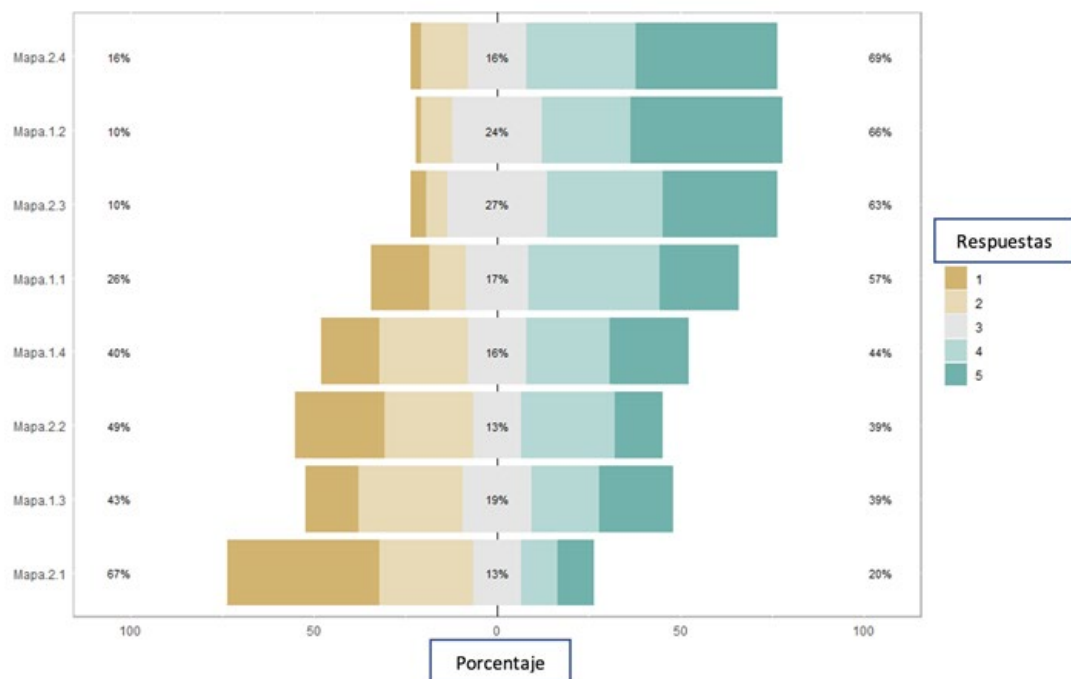
Figura 1. Errores cometidos por pregunta



Fuente: elaboración propia

En cuanto a la valoración de los mapas, el mapa mejor valorado fue el 1.2, que se corresponde con la plantilla vertical que utiliza el Gobierno de Aragón, recibiendo una valoración media de 3,96 y siendo a su vez la que mayor número de cincos recibió.

Figura 2. Valoración de los distintos mapas propuestos



Leyenda: Los mapas 1.2 y 2.2 se tratan de las plantillas vertical y horizontal respectivamente, recogidas en la NCA
Fuente: elaboración propia

Otros de los mapas que mejor valoración obtuvieron fueron los Mapas 2.3, con una valoración de 3,8, y 2.4, con una de 3,88. El mapa con la peor valoración fue el 2.1, con una valoración media de 2,21, siendo a su vez también el que mayor número de unos recibió. La valoración media de las composiciones verticales, 3,36, fue superior a la de los mapas horizontales, 3,17. A través del test de Kruskal Wallis se comprobó que los tres mapas con mejor puntuación recibían una valoración significativamente mejor que el resto.

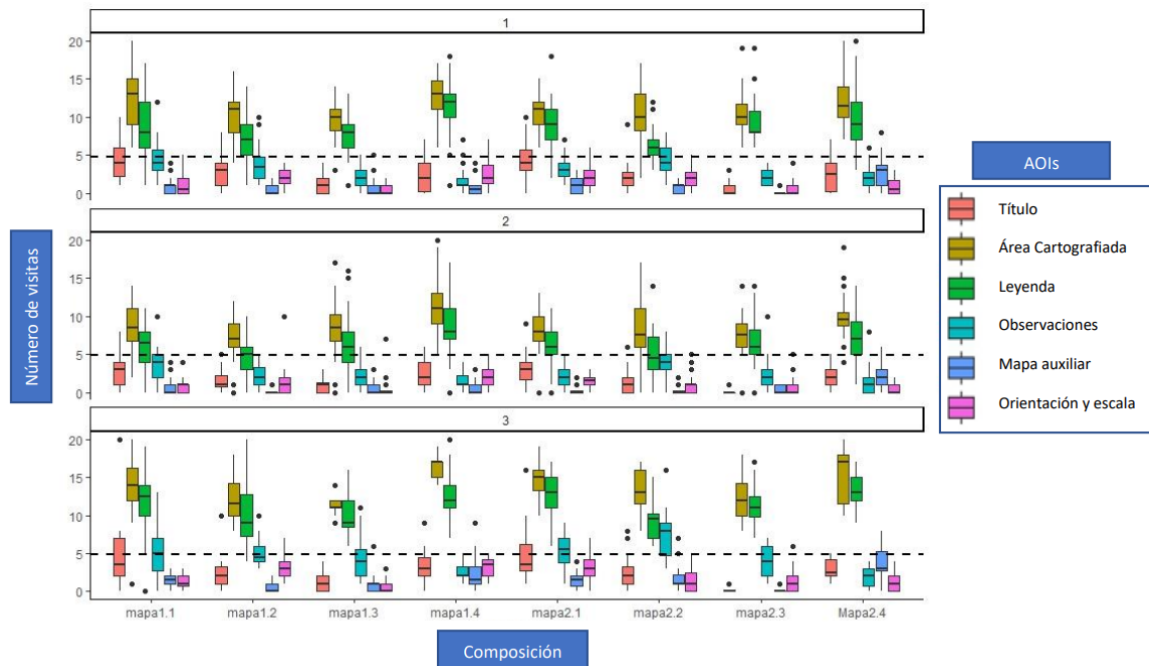
En el gráfico de Likert se puede ver que el Mapa 2.4 es la composición que tiene un mayor porcentaje de cuatros y cincos, un 69%, seguida del Mapa 1.2 y 2.3 con 66% y 63% respectivamente. La composición del Mapa 2.1 es la que mayor porcentaje de valores uno y dos recibió (67%), seguida de la de los Mapas 2.2 y 1.3, con un 49% y un 43% respectivamente. Los mapas con menos porcentaje de unos y dos son los Mapas 1.2 y 2.3, con un 10%. Este último es, además, el que mayor porcentaje de treses recibe de todos, un 27%.

Por último, los perfiles de observación se extrajeron por métrica y según el tipo de lectura (libre o condicionada) con resultado desigual. La métrica de tiempo hasta la primera visita dio lugar a unos perfiles de observación de muy difícil caracterización tanto para la lectura libre como para la condicionada, por lo que se considera que no es una métrica adecuada para esta tarea.

Por otra parte, la duración promedio de las fijaciones si se mostró como una métrica adecuada, pudiéndose distinguir tres perfiles en lectura libre a los que se les decidió nombrarlos como ordenados parciales, ordenados exhaustivos y desordenados en función de si las fijaciones tenían una duración similar en cada zona de interés (ordenados exhaustivos) o si presenta importantes diferencias en la duración promedio de las fijaciones entre los elementos por mapa (desordenados).

Para la lectura condicionada solamente se identificaron dos perfiles y un artefacto que no puede considerarse como perfil formado por aquellos perfiles de observación que no encajan en las categorías anteriores. En este caso la gran similitud entre los dos perfiles resultantes dificulta también su caracterización, aunque se entiende que sea así pues se trata de lecturas de un mapa bajo estímulo, y que por tanto las diferencias son mucho más reducidas.

Figura 3. Gráfico de cajas y bigotes del número de visitas en lectura condicionada



Legenda: A partir de los gráficos de cajas y bigotes, divididos en los distintos perfiles, se procedía a la caracterización de cada uno de ellos.

Fuente: elaboración propia

La última de las métricas, el número total de visitas, sí que dio lugar a la aparición de tres perfiles tanto para la lectura libre como para la condicionada. En la lectura libre se distinguió entre los consultores exhaustivos, los cuales se caracterizaban por realizar visitas a todos los elementos del mapa, los comparadores, cuya principal característica es una concentración del número de visitas en el área cartografiada y los amantes del área cartografiada, que presentan un gran número de visitas en este elemento del mapa. En cuanto a la lectura condicionada, se distinguieron los perfiles de observación entre nómada, seminómada y sedentarios en función del número de visitas realizadas en total, siendo los nómadas los que realizaban un mayor número de visitas mientras que los sedentarios los que menos.

Por otra parte, no se encontró vinculación entre las variables de grado de formación o experiencia con ninguno de los perfiles al igual que tampoco se encontraron diferencias significativas entre perfiles en los fallos cometidos, por lo que no se puede decir que una determinada manera de observar los mapas es la correcta.

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

A la vista de estos resultados se puede extraer que no hay diferencias significativas por variables sociodemográficas en los fallos cometidos si bien es verdad la concentración de fallos en las preguntas de selección de una comarca en función de la categoría de la leyenda a la que pertenece pone de relieve la necesidad de utilizar leyendas secuenciales donde las distintas categorías se distingan más y así evitar este tipo de errores, que apenas tienen vinculación con la composición del producto cartográfico. Por tanto, sí que se probó como cierta la primera de las hipótesis que postulaba que no todas las personas leen un mapa de la misma manera, no así la segunda ya que estas diferencias no condujeron a que unos tuvieran una mejor comprensión de la información representada en el mapa que otros.

En cuanto a la valoración, los resultados reflejan tres aspectos fundamentales como son la importancia de un buen ajuste de la porción de territorio representada con el espacio en el mapa dedicado al área cartografiada con lo que se consigue que la zona cartografiada sea de un mayor tamaño y la información que contenga se vea mejor.

El segundo aspecto que favoreció una mejor valoración fue la preferencia de situar los elementos auxiliares en la parte inferior, lo que responde a criterios de jerarquía en los que los elementos del mapa considerados más importantes deben situarse en la parte superior, dejando la inferior el resto. Esto confirma la tercera de las hipótesis que consideraba que un área cartografiada de mayor tamaño tendría una mejor valoración.

Por último, el tercero de estos criterios de valoración fue la preferencia por situar los elementos auxiliares en la parte derecha del producto cartográfico pues al igual que ocurre con el criterio anterior, el margen derecho del mapa se considera de menor importancia al encontrarse al final del patrón de lectura occidental que se realiza empezando por la izquierda.

En lo que se refiere a los perfiles de observación, se concluye que no todas las métricas son adecuadas para realizar esta clase de tareas, tanto para la diferenciación estadística entre los distintos perfiles de observación como para su posterior identificación y caracterización. Por otra parte, no se pudo demostrar que existiera vinculación entre dichos perfiles y las variables sociodemográficas de experiencia en la lectura de mapas o grado de formación.

Finalmente, es importante mencionar que este trabajo está lejos de darse por concluido y que da pie a la continuación mediante la reformulación de las composiciones cartográficas más complejas, que tengan en cuenta las diferencias por variables visuales o la utilización de perfiles de observación más complejos a partir de la combinación de distintas métricas que permitan caracterizar mejor los perfiles de observación.

A la luz de estos resultados, y para cumplir con los objetivos mencionados al principio de este documento, la sugerencia que se realizó al IGEAR fue la de mantener tanto la plantilla vertical como la horizontal tal y como se utilizan actualmente, puesto que la plantilla vertical fue la que obtuvo una mejor valoración y esta era considerada significativamente mejor que otras opciones. En lo que se refiere a la plantilla horizontal, si bien es verdad que la valoración que recibió no fue muy positiva, se debe principalmente al diseño del experimento, ya que la forma de la comunidad autónoma de Aragón tiene una forma que favorece las composiciones verticales frente a las horizontales, lo que explica que tuviera peor valoración.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en un contexto de prácticas curriculares en el Instituto Geográfico de Aragón, institución la cual contribuyó con asesoramiento técnico y voluntarios en la elaboración de este proyecto de evaluación.

REFERENCIAS

- Dent, B. D., Torguson, J. S., Holder, T. W. (2009). *Cartography-thematic map design*. McGraw-Hill Education (6th ed.).
- Goldberg, J.H., Wichansky, A.M. (2003). Eye tracking in usability evaluation: A practitioner's guide. *The Mind's eyes: cognitive et applied aspects of eye movements*, pp.493-516. <https://doi.org/10.1016/B978-044451020-4/50027-X>
- Hassan, Y., Herrero, V. (2007). Eye-Tracking en interacción persona-ordenador. *No solo usabilidad: revista sobre personas, diseño y usabilidad*, nº 6, 2007.
- IGEAR (2022). *Sistema Cartográfico de Aragón. Norma Cartográfica de Aragón*. Gobierno de Aragón. Recuperado de: <https://www.aragon.es/-/norma-cartografica-de-aragon>
- Krassanakis, V., Cybulski, P. (2019). A review on eye movement analysis in map reading process: the status of the last decade. *Geodesy and Cartography*, 68(No 1), 191–209. <http://journals.pan.pl/dlibra/publication/edition/110001>
- Krassanakis, V., Cybulski, P. (2021). Eye tracking research in cartography: Looking into the future. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi10060411>
- Pool, A., Ball, L. (2004). Eye Tracking in Human-Computer Interaction and Usability Research: Current Status and Future Prospects. *Encyclopedia of Human Computer Interaction*, pp.211-219.
- Popelka, S., Vondrakova, A., Hujnakova, P. (2019). Eye-tracking Evaluation of Weather Web Maps. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 8(6). <https://doi.org/10.3390/ijgi8060256>
- Slocum, T., McMaster, R., Kessler, F., Howard, H. (2014). *Thematic cartography and geovisualization*. Pearson Prentice Hall.
- Tobii. (2023). *How do Tobii eye trackers work?* Recuperado de: https://connect.tobii.com/s/article/How-do-Tobii-eye-trackers-work?language=en_US