

La metodología del eye tracker: de la investigación de la lectura al estudio de mapas conceptuales

The eye-tracking methodology: from reading research to the study of conceptual maps

Citaci3n: Crist3fol Rovira. "La metodologfa del eye tracker: de la investigaci3n de la lectura al estudio de mapas conceptuales". Hipertext.net [Online], 2016. N3m. 14.
<http://raco.cat/index.php/Hipertext/article/view/311681/405627>

DOI: 10.2436/20.8050.01.31



Crist3fol Rovira
cristofol.rovira@upf.edu
Universitat Pompeu Fabra
[Web personal](#)

Palabras clave: Mapa conceptual, Eye tracker, Movimiento de la mirada, Metodologfa de investigaci3n, investigaci3n de la lectura.

Resumen: El objetivo de este artfculo es mostrar c3mo aplicar la metodologfa del eye tracker al estudio de mapas conceptuales. Se explica c3mo mejorar el dise1o de investigaci3n de los mapas conceptuales a partir de la forma de plantear las investigaciones sobre la lectura; se dan algunas recomendaciones sobre c3mo controlar las variables intervinientes para mejorar la validez interna y finalmente tambi3n se propone aplicar en la investigaci3n sobre la mapas conceptuales la correlaci3n existente entre demanda cognitiva y movimiento de la mirada.

Keywords: conceptual map, eye tracker, gaze movement, research methodology, reading research

Abstract: The goal of this article is to show how to apply eye-tracking methodology to the study of conceptual maps. The article explains how to improve the research design of conceptual maps by

considering how research on reading is outlined. Suggestions are provided as to how to control the variables involved to improve internal validation, and finally it is also suggested to apply the existing correlation between cognitive demand and gaze movement in research on conceptual maps.

1. Introducción

El objetivo de este artículo es mostrar cómo aplicar la metodología del eye tracker al estudio de mapas conceptuales. El eye tracker, o seguimiento de la mirada, es una metodología científica que permite inferir las intenciones, habilidades y procesos cognitivos de los individuos a partir del seguimiento de los movimientos inconscientes de la mirada mientras se realizan tareas complejas.

Desde los años ochenta existen varias líneas de investigación en la psicolingüística que estudian el complejo proceso de la lectura humana por medio del seguimiento de la mirada. Hay multitud de estudios e interesantes resultados (Clifton Jr., Staub, & Rayner, 2007; Juhasz, Gullick, & Shesler, 2011; Rayner, Chace, Slattery, & Ashby, 2006; Rayner, 1998; Staub & Rayner, 2007).

Esta larga tradición proporciona una metodología de éxito que será usada como modelo para la propuesta que se hará en este documento. Una propuesta que consiste en estudiar los mapas conceptuales con esta misma técnica y aprovechando unas bases metodológicas ya consolidadas. Un mapa conceptual es un esquema gráfico formado por conceptos y relaciones entre estos conceptos. Es un gráfico que se lee y por tanto es susceptible de ser analizado de la misma forma que la lectura estándar (Rovira, 2016).

En la primera parte del artículo se explica como funciona un eye tracker y se describen los principales resultados obtenidos aplicando esta metodología cuando se examina la actividad de leer. A continuación se analizan las métricas que proporciona el eye tracker y que habitualmente son usadas en este tipo de estudios. Seguidamente se revisan las variables que intervienen cuando leemos y que deberán controlarse para no contaminar los resultados de una investigación. En el capítulo final se aplican todos estos conocimientos al estudio de los mapas conceptuales ofreciendo recomendaciones concretas sobre cómo diseñar una investigación en este ámbito que aproveche la sólida base metodológica desarrollada en las investigaciones sobre la lectura.

2. Monitorizar la demanda cognitiva con el eye tracker

El seguimiento de la mirada (eye tracking) es un método de investigación usado en diversos ámbitos como la publicidad, la psicología, la usabilidad o la interacción persona-ordenador (Marcos & González-Caro, 2010) . Está basado en un dispositivo que es capaz de seguir la mirada de un individuo delante de una pantalla de ordenador por medio de un lector de infrarrojos.

Este instrumento permite identificar y analizar qué regiones de una pantalla de ordenador miran los sujetos mientras realizan las tareas que se están investigando. Está basada en la hipótesis “mirada-mente” (Just & Carpenter, 1980) según la cual los movimientos de la mirada proporcionan una traza dinámica de donde los sujetos dirigen su atención y por tanto proporcionan indicios sobre sus motivaciones y su procesamiento cognitivo. A pesar de que hay algunos estudios con resultados inconsistentes, es una hipótesis ampliamente aceptada (Duchowski, 2003; Rayner et al., 2006; Rayner, 1998), en especial cuando se están realizando tareas complejas que implican un alto

procesamiento de información, como por ejemplo el aprendizaje, la visualización de material multimedia o la lectura (Frenck-Mestre & Pynte, 1997; She & Chen, 2009). Los indicios que el seguimiento de la mirada proporciona sobre la cognición llevan a algunos autores a calificarla como “ventana de la mente” (Grant & Spivey, 2003).

El eye tracker ha sido usado de forma importante para obtener indicios del proceso cognitivo involucrado en la comprensión de la lectura. Es tan solo una parte superficial de este complejo proceso, pero que tiene importantes repercusiones. Uno de los resultados más interesantes y más sólidos de la psicolingüística es que los cambios en los movimientos inconscientes de la mirada mientras se está leyendo indican que partes del texto resultan más difíciles de comprender para el lector. Aunque de entrada no parezca un gran hallazgo, en realidad es un descubrimiento con importantes repercusiones en otras disciplinas.

En síntesis, con el eye tracker tenemos una herramienta que permite obtener un conocimiento sólido de una parte del complejo proceso de la comprensión humana, una herramienta que permite saber de forma inequívoca que partes de un texto son más difíciles de comprender, una herramienta que puede aplicarse a la consulta de otros tipos de documentos, como por ejemplo esquemas, mapas conceptuales e incluso los gráficos o vídeos. La disciplina de la educación puede beneficiarse de forma especial de estas nuevas metodologías, en especial para aplicarlas al estudio de materiales didácticos.

3. La mirada mientras leemos

Si pensamos en la forma que las personas leemos, podemos llegar a la conclusión que los ojos se van moviendo suavemente sobre el texto mientras vamos captando el significado de las palabras. Pero no es así. En realidad los ojos no tienen un movimiento suave y uniforme sino que van saltando de forma brusca de un punto a otro del documento siguiendo la dirección marcada por las líneas del texto. Se fija la mirada en un punto durante algunos milisegundos, a continuación se hace un movimiento rápido en línea recta para volver a fijar la mirada en otro punto y así sucesivamente.

Sólo cuando fijamos la mirada obtenemos información que luego será procesada para percibir la visión global de una palabra, una imagen o cualquier otro elemento que visualicemos. Durante los movimientos el sistema visual no procesa información. Las fijaciones suelen tener una duración de 200 ó 250 milisegundos y los saltos, llamados movimiento sacádicos, duran mucho menos, entre 20 y 40 milisegundos.

Por tanto, hay dos movimientos oculares que los investigadores usan habitualmente para obtener métricas que permiten llegar a conclusiones sobre el comportamiento y la forma de procesar la información:

- Movimientos sacádicos
- Fijaciones de la mirada

Otra característica interesante del comportamiento de la mirada es que en cada movimiento sacádico se avanza entre 7 y 9 caracteres. También se ha podido constatar que el área de la cual podemos ver información en cada fijación no es simétrica sino que abarca unos 14 ó 15 caracteres

a la derecha y tan solo 3 ó 4 hacia la izquierda del punto central de la fijación. No obstante, la zona en la cual los lectores pueden, además de ver, identificar de forma clara qué palabra se trata cubriría tan solo entre 7 y 8 caracteres hacia la derecha de la fijación.

Finalmente también nos interesa resaltar que en condiciones normales el 90% de los movimientos son para avanzar en la lectura, ya sea hacia la derecha o hacia abajo para situar la mirada en la siguiente línea. El 10% restante corresponden a las regresiones o relecturas del texto de zonas donde normalmente hay alguna dificultad de comprensión.

En definitiva, a partir del análisis del número y la duración de las fijaciones o de la dirección del movimiento sacádico se pueden obtener indicios muy sólidos sobre la atención del sujeto e incluso sobre el tipo de procesamiento cognitivo que está realizando. Hay un amplio consenso en que un incremento en la duración de las fijaciones o del número de comportamientos regresivos de relectura indican que el sujeto se está enfrentando con una tarea compleja (Ball, Lucas, Miles, & Gale, 2003; Epelboim & Suppes, 2001; Hegarty & Just, 1993; Holmqvist et al., 2011; Rayner et al., 2006; Rayner, 1998; Underwood, Jebbett, & Roberts, 2004).

Parece que los resultados son más concluyentes cuando se estudia la comprensión de una palabra que con frases completas. Hay más evidencias del reconocimiento léxico y la comprensión de palabras que del procesamiento sintáctico vinculado con el significado de una frase entera (Staub & Rayner, 2007).

4. Métricas del eye tracker para el estudio de la lectura

Hay algunas variables relacionadas con el movimiento de la mirada y obtenidas por medio de un eye tracker que tienen una especial relevancia para el estudio de la lectura. Estas métricas se pueden clasificar en globales o locales en función del ámbito de actuación. Las métricas globales están relacionadas con el comportamiento general ante un texto relativamente largo formado por varias oraciones. Las métricas globales típicas son el tiempo total de lectura (Total Reading Time), el número total de fijaciones o la duración de todas las fijaciones realizadas.

Por otra parte, las métricas locales están relacionadas con el comportamiento de la mirada en un punto concreto del texto que suele ser un fragmento formado por una sola palabra o dos palabras seguidas. Las métricas locales más utilizadas son las siguientes:

A) Indicadores que muestran que un elemento ha captado antes la atención de los usuarios. Con valores más bajos podemos deducir que ha captado la atención del usuario de forma más rápida.

- Tiempo hasta la primera fijación en el área de estudio (Time to First Fixation)
- Fijaciones realizadas antes de llegar al área de estudio (Fixation Before)

Estos dos indicadores son normalmente intercambiables ya que si un valor es alto el otro también. Siempre que hay muchas fijaciones antes de la primera fijación en el área de estudio también habrá mucho tiempo antes de la primera fijación en esta área estudiada y al revés.

B) Indicadores relacionadas con el tiempo que los usuarios ha estado mirando al elemento analizado. Esto puede significar un mayor interés (efecto positivo) o una dificultad en la

comprensión (efecto negativo).

- Tiempo total de duración de todas las fijaciones (Total Fixation Duration)
- Tiempo promedio de las fijaciones (Fixation Duration)

Igualmente estos dos valores son intercambiables. En la gran mayoría de casos, si hay un valor total alto en el total, también lo habrá en el promedio.

C) Indicadores relacionados con el movimiento sacádico

En este caso se analiza el recorrido realizado con la mirada durante los movimientos sacádicos. Se suelen diferenciar entre movimientos de avance de acuerdo con el sentido lógico de la lectura (izquierda derecha y cambio de línea) y movimientos de retroceso, también llamados regresiones. En este contexto se suelen contabilizar los siguientes indicadores

- Número de regresiones hacia el área de estudio
- Número de regresiones desde el área de estudio
- Tiempo empleado en la primera fijación en el área de estudio sin contar las relecturas derivadas de regresiones (First pass Reading Time o First Fixation Duration)
- Tiempo total de las fijaciones regresivas en el área de estudio (Second pass Reading Time).

A partir de estos indicadores se pueden inferir conclusiones sobre cómo los sujetos procesan la información. Unas conclusiones que serán de utilidad para mejorar la legibilidad de un texto, la usabilidad de una página web, la claridad de un gráfico o la efectividad de unos materiales didácticos basados en mapas conceptuales.

5. Factores que intervienen en la comprensión de la lectura

Existen dos tipos de factores que intervienen en la comprensión de la lectura y que por tanto afectarán al movimiento de la mirada:

- Las propiedades del texto
- Las características de los sujetos estudiados

Por una parte, hay que tener en cuenta las propiedades del texto, como por ejemplo la frecuencia general de las palabras usadas en el estudio, su longitud, su ambigüedad por tener varios significados o el contexto en las que están situadas. Cuanto más infrecuente, más larga o más ambigua sea una palabra, más difícil será de comprender y consiguientemente, mayor tiempo de fijación tendrá y más regresiones provocará.

Por otra parte, hay que considerar las diferencias individuales de los lectores. La comprensión se verá afectada por factores como el conocimiento previo que tengan los individuos del texto leído, la propia habilidad del lector para leer, su familiaridad con los palabras e incluso la edad en la que adquirió su conocimiento (Clifton Jr. et al., 2007; Staub & Rayner, 2007).

Es muy importante tener en cuenta estas variables cuando se diseña una investigación con el fin de mantenerlas controladas en la medida de lo posible.

6. Aplicando la base metodológica del eye tracking de la lectura a los mapas conceptuales

Finalmente llegamos al punto central de este artículo. Intentaremos identificar qué ocurre cuando aplicamos las bases metodológicas descritas hasta el momento, y provenientes del estudio de la lectura, a un tipo de documento distinto y un tipo de “lectura” distinta: la consulta de mapas conceptuales.

Los mapas conceptuales son un tipo de esquema gráfico que permite representar el conocimiento (Novak & Cañas, 2006; Novak & Gowin, 1984; Novak, 1990a, 1990b). Están formados por conceptos y relaciones entre conceptos, habitualmente llamadas frases de enlace. Los conceptos suelen mostrarse en el interior de un cuadrado y las frases de enlace etiquetan las líneas o flechas que conectan dos o más conceptos (figura 1). Los conceptos son la parte sustantiva de las frases (nombres y adjetivos) y las frases de enlace suelen contener verbos o preposiciones. Los orígenes de los mapas conceptuales hay que buscarlos en las teorías de David P. Ausubel sobre el aprendizaje significativo (David P. Ausubel, 1963, 2012; David Paul Ausubel, Novak, & Hanesian, 1968). Se han desarrollado multitud de programas informáticos para facilitar su creación y edición (Mesa & Rovira, 2006; Rovira, 2005) y se han aplicado como instrumentos para facilitar la navegación hipertextual (Rovira, 2002).

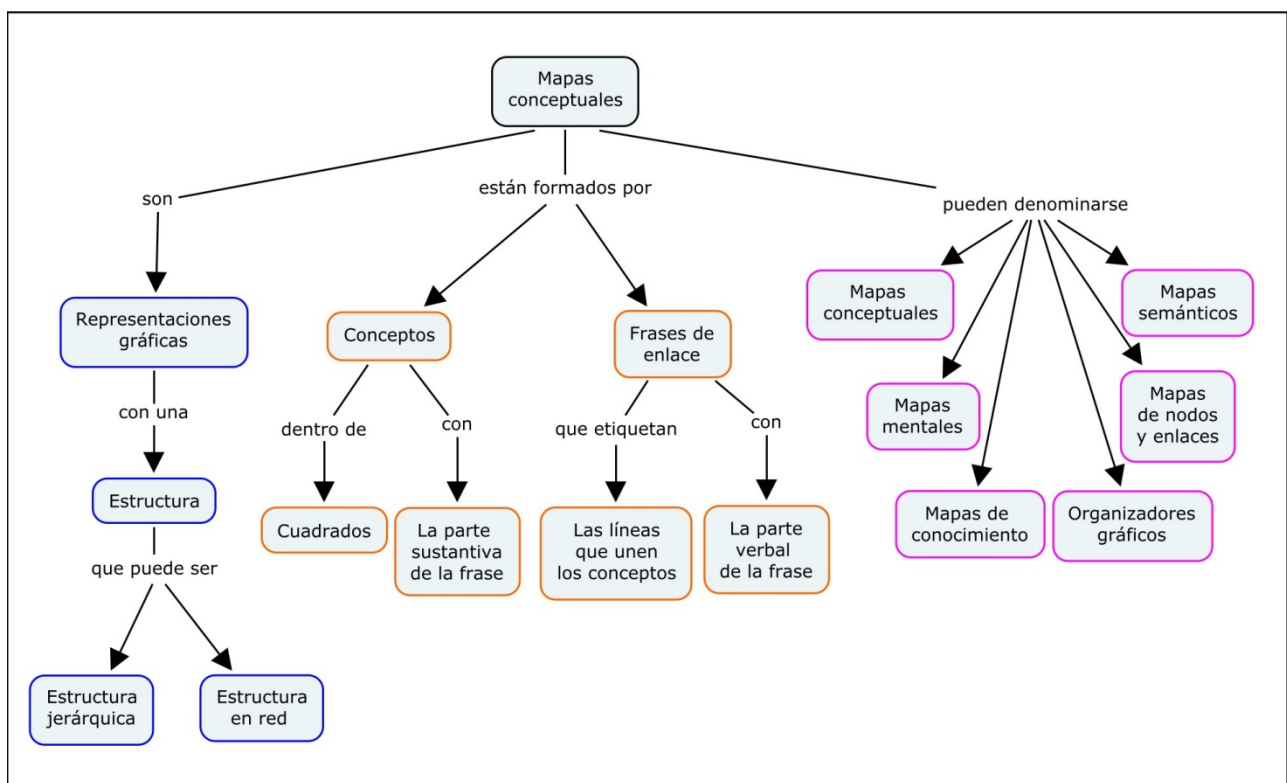


Figura 1. Definición de mapa conceptual (creación propia)

Al intentar aplicar la metodología del eye tracking proveniente de la lectura a los mapas conceptuales hay que tener en cuenta algunas diferencias importantes en el comportamiento habitual de las personas cuando consultamos mapas en relación a cuando leemos textos.

El primer elemento y más obvio es el orden de lectura. En el caso de los mapas este orden no está establecido de forma tan clara como en la lectura. En la escritura y lectura occidental el orden es siempre de izquierda a derecha y de arriba a abajo cuando se cambia de línea. En cambio, en los mapas conceptuales tan solo está claro el punto de partida (el concepto raíz) y el orden de arriba a abajo, pero no hay un orden preestablecido para hacer la consulta de izquierda a derecha o al revés.

En los mapas conceptuales realizados de acuerdo con las indicaciones de Novak, el concepto raíz está colocado en la parte central superior. La consulta parte de este concepto y va avanzando hacia abajo siguiendo la organización recomendada del mapa que consiste en poner los conceptos más generales y abstractos arriba y los más concretos y específicos abajo. El orden de consulta de las distintas ramas de un mapa conceptual puede ser aleatorio y esto no modificará la comprensión final del mapa. Como veremos más adelante, esta característica es importante para determinar cuando se produce una regresión. A diferencia de la lectura, no todos los desplazamientos hacia la izquierda son regresiones.

Existe otra diferencia importante en el comportamiento de los seres humanos cuando leemos un texto en relación a cuando consultamos un mapa. Nos estamos refiriendo al momento por dar por terminada la lectura o consulta al llegar al final del documento. En el caso de la lectura se volverá a releer el texto cuando haya habido alguna dificultad de comprensión. En cambio, en la consulta de mapas es habitual que haya una o varias relecturas del mapa una vez terminada la primera consulta. Casi nadie consulta un mapa conceptual leyendo una sola vez todos los conceptos y frases de enlace aunque el contenido del mapa no tenga complejidad.

No hay estudios que expliquen de manera clara los motivos de este comportamiento. Podría ser que los usuarios intentan confirmar la comprensión inicial del mapa y asegurarse que no han quedado conceptos sin revisar. Parece que en general un mapa conceptual es más difícil de comprender que un texto secuencial debido a que tienen una estructura muy esquemática con poca metainformación y que el orden de lectura no está preestablecido.

Finalmente cabe resaltar que en el estudio de la lectura se aplican tres niveles de análisis. El primero corresponde a las palabras, el segundo lo constituyen las frases y el tercero lo formarían los textos completos formados por varias frases. En un mapa conceptual, se aplica igualmente un primer nivel de análisis correspondiente a las palabras, pero en un segundo nivel, en lugar de oraciones completas, tenemos los conceptos y frases de enlace separados que constituyen los elementos nucleares del gráfico de un mapa conceptual. Finalmente, el tercer y cuarto niveles está formado igualmente por las oraciones (uniendo conceptos y frases de enlace) y el mapa completo que corresponde al texto completo de un texto secuencial.

Por tanto, en los mapas conceptuales hay un nuevo nivel de análisis entre las palabras y las oraciones. De hecho, este nuevo nivel de análisis será el que tendrá el mayor protagonismo en cualquier estudio puesto que la consulta de un mapa no se realiza avanzando por las palabras sino saltando entre los conceptos y frases de enlace.

7. Recomendaciones para el diseño de investigaciones sobre mapas conceptuales usando la metodología del eye tracking

En los puntos anteriores hemos comparado los textos secuenciales con los mapas conceptuales en el contexto de las investigaciones con el seguimiento de la mirada. También hemos constatado que uno de los resultados más sólidos de las investigaciones sobre la lectura es que hay una correlación entre las dificultades de comprensión y el tiempo de fijación de la mirada y/o el número de regresiones.

En este apartado, y a partir de estas dos ideas, vamos a analizar qué elementos hay que tener en cuenta en el diseño de una investigación sobre mapas conceptuales que quiera aplicar la monitorización de la demanda cognitiva por medio del eye tracking.

Veremos cómo controlar las variables intervinientes para evitar que los resultados se vean contaminados por causas ocultas. Algunas de estas variables son más generales y ya aparecen en los estudios sobre la lectura, como por ejemplo la ambigüedad o la longitud de las palabras. En cambio, la estructura de los mapas o el número de palabras de los conceptos son variables ocultas específicas de los mapas conceptuales y no han sido identificadas en los estudios publicados hasta la fecha sobre mapas conceptuales y eye tracking (Rovira, 2013, 2016). Tal como indicábamos en puntos anteriores, estas variables pueden ser debidas a las propiedades del texto o a las características de los sujetos estudiados.

A) El conocimiento previo sobre los contenidos

La complejidad de los contenidos de un mapa conceptual condiciona el comportamiento de los usuarios al consultarlo. Si un determinado usuario tiene pocos conocimientos del tema del mapa le resultará difícil de entenderlo y por tanto el tiempo de fijación de la mirada y el número de regresiones serán superiores a la media. Cada usuario puede tener una percepción distinta de la complejidad de un mapa en función de sus conocimientos previos. Si los contenidos del mapa no son directamente el objeto de estudio, entonces es necesario tener controlada esta variable, especialmente si durante el proceso de investigación se comparan dos mapas en los cuales se ha modificado otras variables que están en estudio. En estos casos es aconsejable usar mapas sobre temas de cultura general. Previsiblemente todos los usuarios tendrán un conocimiento equiparable. No obstante, hay que evitar llegar al extremo de presentar mapas tribales.

B) Otras diferencias individuales

Otras diferencias individuales que intervienen en la comprensión de la lectura que deberían tenerse en cuenta para evitar la influencia de variables ocultas, como por ejemplo la habilidad del lector para leer o su familiaridad con la terminología utilizada en el estudio. Las dificultades en la comprensión serán menores si el sujeto tiene una alta habilidad para la lectura y un alto conocimiento de las palabras utilizadas en el estudio. No obstante, resulta complicado controlar de forma estricta estas variables. En general no tiene sentido seleccionar los usuarios en función de un test sobre su habilidad para leer o sus conocimientos sobre la terminología usada en la investigación. Este control complicaría y encarecería la investigación y los resultados obtenidos serían desproporcionados a los recursos necesarios.

La solución consiste en seleccionar los sujetos con un nivel cultural y académico lo más

homogéneo posible. Por ejemplo, es difícil que haya diferencias significativas entre estudiantes universitarios en su habilidad para leer o en su familiaridad con un determinado léxico, especialmente si se aplica la recomendación que hemos dado en puntos anteriores de usar mapas conceptuales sobre temas de cultura general.

C) Características del texto

Las características del texto tienen una influencia directa en el comportamiento de la mirada. Hay que seleccionar palabras que sean homogéneas en el número de sílabas. También hay que intentar que conceptos y frases de enlace tengan sean homogéneos en el número de palabras. Ambos aspectos quedan integrados en los índices de legibilidad (Blanco Pérez & Gutiérrez Couto, 2002; Szigriszt Pazos, 1993). Por tanto, es recomendable que las diferentes partes de un mapa, o los diversos mapas que se usen en un estudio, tengan índices de legibilidad similares.

Otro aspecto a considerar es la frecuencia de aparición de las palabras en la lengua. Una palabra poco frecuente será extraña y captará más la atención ya sea porque no se entiende a la primera o porque resulta sorprendente. Por tanto también es recomendable usar palabras con una frecuencias media evitando los casos extremos. Para realizar esta selección aconsejamos usar una escala logarítmica descartando las palabras por debajo y por encima de 1. Finalmente también recomendamos descartar las palabras que puedan resultar ambiguas por tener varios significados.

Para obtener buenos resultados habría que evitar que todas estas sugerencias lleven a los investigadores a crear mapas poco naturales para sus estudios. Mapas “de laboratorio” que resulten raros a los usuarios y que finalmente hagan que no se interactúe con ellos de forma normal.

D) Regresiones

Tal como ya se ha dicho, en la investigación sobre la lectura se utilizan de forma habitual las regresiones como indicadores de dificultades en la comprensión. Una regresión se produce cuando un usuario relea una zona del texto que ya había leído antes. En la lectura esto se produce desplazando la mirada hacia la izquierda o hacia arriba del punto en que se encuentra.

En el caso de los mapas conceptuales la situación es un poco más compleja ya que, tal como hemos indicado, el orden de lectura o consulta no está establecido de manera tan clara como en los textos secuenciales. Se espera que los mapas sean leídos de arriba a abajo, pero no hay un orden preestablecido en relación al eje horizontal. Por tanto, a diferencia de la lectura, no todos los desplazamientos a la izquierda serán regresiones. Dependerá del recorrido hecho momentos antes. De igual forma, deberán analizarse individualmente los movimientos hacia arriba para determinar si constituyen o no una regresión. Normalmente será así puesto que el orden correcto y habitual de consulta de un mapa es de arriba a abajo, pero puede darse el caso que el movimiento hacia arriba se haga hacia una zona del mapa que todavía no había sido consultada antes. En resumen, al estudiar la lectura, la identificación de regresiones es directa ya que cualquier movimiento hacia la zona leída será un movimiento hacia la izquierda y/o la parte superior al punto actual de lectura. En los mapas conceptuales hay que revisar caso por caso para ver la ruta de lectura e identificar los movimientos de la mirada que regresan a zonas ya visualizadas previamente.

E) Características específicas de los mapas conceptuales

Hay dos características de los mapas conceptuales que no están presentes en un texto estándar y que afectan al movimiento de la mirada.

- El número de palabras de los conceptos y frases de enlace
- La estructura general del mapa

Como se ha indicado en puntos anteriores, en los mapas conceptuales existe un nivel de análisis al realizar estudios de eye tracking que habitualmente no está presente en un texto secuencial. Es el nivel de análisis formado por los conceptos y frases de enlace. Estos dos elementos constituyen los nodos básicos de la estructura de un mapa conceptual. Por tanto, deberían ser elementos centrales en el análisis del comportamiento de los usuarios a partir de los datos del eye tracker.

La longitud y el número de palabras de un texto influyen de forma directa en los movimientos de la mirada al leerlo modificando el número de fijaciones, el tiempo dedicado a cada fijación o incluso el recorrido de la mirada. Para tener esta variable controlada y que los datos de los distintas partes del mapa sean comprables hay que unificar la cantidad de palabras de los nodos. Una opción viable sería procurar que todos los conceptos tengan una sola palabra y las frases de enlace como máximo dos.

Por otra parte, también sería necesario tener controlada la variable de la estructura general del mapa. Sería aconsejable que el mapa tuviera una estructura que fuera horizontalmente simétrica. De este modo se evitaría que una parte del mapa captara más la atención de los usuarios simplemente porque hay una mayor densidad de conceptos o porque la estructura tiene una forma peculiar.

8. Conclusiones

Desde los años ochenta se ha aplicado la metodología del eye tracker al estudio de la lectura con muy buenos resultados. Estas investigaciones han demostrado las grandes posibilidades y algunas limitaciones de esta sorprendente metodología. Por otro lado, en los últimos años han aparecido las primeras publicaciones aplicando el eye tracker al análisis de los mapas conceptuales. Los resultados no son sólidos debido a que frecuentemente hay imprecisiones metodológicas (Rovira, 2016). En este artículo hemos visto como mejorar el diseño de investigación cuando se aplica el eye tracking a los mapas conceptuales a partir de la forma de plantear los estudios que analizan la lectura. Hemos dado algunas recomendaciones sobre cómo controlar las variables intervinientes para mejorar la validez interna y asegurar que la variable independiente sea realmente la causa de los efectos observados. Finalmente hemos sugerido plantear nuevas investigaciones a partir de la correlación existente entre demanda cognitiva y movimiento de la mirada. Se trata de uno de los resultados más sólidos de los estudios sobre la lectura que puede usarse como elemento central en la investigación sobre cómo usar los mapas conceptuales de forma eficiente en contextos educativos.

Este trabajo forma parte del proyecto " Creación y contenido interactivo en la comunicación de información audiovisual: audiencias, diseño, sistemas y formatos ". CSO2015-64955-C4-2-R (MINECO/FEDER), Ministerio de Economía y Competitividad (España).

9. Referencias

- Ausubel, D. P. (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*. Oxford: England: Grune & Stratton.
- Ausubel, D. P. (2012). *The Acquisition and Retention of Knowledge: A Cognitive View*. Springer Netherlands. Retrieved from <https://books.google.es/books?id=wfckBAAAQBAJ>
- Ausubel, D. P., Novak, J. D., & Hanesian, H. (1968). *Educational Psychology: A Cognitive View*. Holt, Rinehart and Winston.
- Ball, L. J., Lucas, E. J., Miles, J. N. V, & Gale, A. G. (2003). "Inspection times and the selection task: what do eye-movements reveal about relevance.". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 56:6, 1053–1077.
<http://doi.org/10.1080/02724980244000729>
- Blanco Pérez, A., & Gutiérrez Couto, U. (2002). "Legibilidad de las páginas web sobre salud dirigidas a pacientes y lectores de la población general". *Revista Espanola de Salud Publica*, 76:4, 321–331.
<http://doi.org/10.1590/S1135-57272002000400007>
- Clifton Jr., C., Staub, A., & Rayner, K. (2007). "Eye movements in reading words and sentences". In R. P. G. van Gompel, M. H. Fischer, W. S. Murray, & R. L. Hill (Eds.), *Eye movement research: A window on mind and brain* (pp. 341–371). Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
<http://doi.org/10.1016/B978-008044980-7/50017-3>
- Duchowski, A. (2003). *Eye tracking methodology: Theory and practice*. London: Springer.
- Epelboim, J., & Suppes, P. (2001). "A model of eye movements and visual working memory during problem solving in geometry.". *Vision Research*, 41:12, 1561–1574. [http://doi.org/S0042-6989\(00\)00256-X](http://doi.org/S0042-6989(00)00256-X) [pii]
- Frenck-Mestre, C., & Pynte, J. (1997). "Reading in Second and Native Languages". *Experimental Psychology*, :1, 119–148.
- Grant, E. R., & Spivey, M. J. (2003). "Eye movements and problem solving". *Psychological Science-Cambridge-*, 14:5, 462–466.
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). "Constructing mental models of machines from text and diagrams". *Journal of Memory and Language*, 32:6, 717–742.
<http://doi.org/10.1006/jmla.1993.1036>
- Holmqvist, K., Nyström, M., Andersson, R., Dewhurst, R., Jarodzka, H., & Weijer, J. Van De. (2011). *Eye Tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press.
- Juhasz, B. J., Gullick, M. M., & Shesler, L. W. (2011). "The Effects of Age-of-Acquisition on Ambiguity Resolution : Evidence from Eye Movements". *Journal of Eye Movement Research*, 4:1, 1–14.

- Just, M. A., & Carpenter, P. A. (1980). "A theory of reading: from eye fixations to comprehension." *Psychological Review*, 87:4, 329–354. <http://doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>
- Marcos, M.-C., & González-Caro, C. (2010). "Comportamiento de los usuarios en la página de resultados de los buscadores. Un estudio basado en *eye tracking*". *El Profesional de La Informacion*, 19:4, 348–358. <http://doi.org/10.3145/epi.2010.jul.03>
- Mesa, B., & Rovira, C. (2006). "Análisis comparativo de editores de mapas conceptuales de uso libre". *BiD Textos Universitaris de Biblioteconomia I Documentaci*, 1–22. Retrieved from http://www2.ub.edu/bid/consulta_articulos.php?fichero=16rovir2.htm
- Novak, J. D. (1990a). "Concept mapping: A useful tool for science education". *Journal of Research in Science Teaching*, 27:10, 937–949. <http://doi.org/10.1002/tea.3660271003>
- Novak, J. D. (1990b). "Concept maps and Vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning". *Instructional Science*, 19:1, 29–52. <http://doi.org/10.1007/BF00377984>
- Novak, J. D., & Cañas, A. J. (2006). *La teoría subyacente a los mapas conceptuales y cómo construirlos*. Florida Institute for Human and Machine Cognition (IHMC). Retrieved from <http://cmap.ihmc.us/>
- Novak, J. D., & Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge University Press.
- Rayner, K. (1998). "Eye movements in reading and information processing: 20 years of research." *Psychological Bulletin*, 124:3, 372–422. <http://doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Rayner, K., Chace, K. H., Slattery, T. J., & Ashby, J. (2006). "Eye Movements as Reflections of Comprehension Processes in Reading". *Scientific Studies of Reading*, 10:3, 241–255. http://doi.org/10.1207/s1532799xssr1003_3
- Rovira, C. (2002). "Estructuras de navegación para e-learning". *El Profesional de La Informacion*. <http://doi.org/10.1076/epri.11.6.457.15466>
- Rovira, C. (2005). "DigiDocMap conceptual maps editor and Topic Maps norms". Retrieved from http://eprints.rclis.org/8815/1/DigiDocMap_en__.pdf
- Rovira, C. (2013). "La consulta de mapas conceptuales: Estudi mitjançant el seguiment de la mirada". *BiD*, 31. Retrieved from <http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84898636325&partnerID=tZOtx3y1>
- Rovira, C. (2016). "Theoretical foundation and literature review of the study of concept maps using eye tracking methodology". *El Profesional de La Información*, 25:1, 59. <http://doi.org/10.3145/epi.2016.ene.07>
- She, H. C., & Chen, Y. Z. (2009). "The impact of multimedia effect on science learning: Evidence from eye movements". *Computers and Education*, 53:4, 1297–1307. <http://doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.012>

Staub, A., & Rayner, K. (2007). "Eye movements and on-line comprehension processes". In *The Oxford Handbook of Psycholinguistics* (pp. 327–342).

<http://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780198568971.013.0019>

Szigriszt Pazos, F. (1993). *Sistemas predictivos de legibilidad del mensaje escrito : formula de perspicuidad*. Universidad Complutense de Madrid. Retrieved from <http://eprints.ucm.es/1785/>

Underwood, G., Jebbett, L., & Roberts, K. (2004). "Inspecting pictures for information to verify a sentence: Eye movements in general encoding and in focused search.". *The Quarterly Journal of Experimental Psychology. A, Human Experimental Psychology*, 57:1, 165–182.

<http://doi.org/10.1080/02724980343000189>