



BASES TEÓRICAS Y REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DEL ESTUDIO DE LOS MAPAS CONCEPTUALES CON EL SEGUIMIENTO DE LA MIRADA

Theoretical foundation and literature review of the study of concept maps using eye tracking methodology

Cristòfol Rovira

Nota: This article can be read in its original English version on:
<http://www.elprofesionaldelainformacion.com/contenidos/2016/ene/07.pdf>



Cristòfol Rovira es profesor del *Departamento de Comunicación* de la *Universidad Pompeu Fabra (UPF)*. Imparte docencia en los grados de periodismo y de publicidad, en el *Máster Universitario en Comunicación Social (UPF)*, en el *Máster Universitario en Documentación Digital (UPF)*, en el *Máster Universitario en Buscadores (UPF)* y en el *Máster Universitario en Gestión de Contenidos Digitales (UB - UPF)*. Su investigación se centra en el posicionamiento web, usabilidad, marketing en buscadores y mapas conceptuales con la metodología del seguimiento de la mirada (*eye tracker*). Es secretario académico de la *Facultad de Comunicación* de la *UPF* y codirector de la revista académica *Hipertext.net*.

<http://orcid.org/0000-0002-6463-3216>

*Universitat Pompeu Fabra, Departament de Comunicació, Grup de Recerca de Periodisme
Roc Boronat, 138. 08018 Barcelona, España
cristofol.rovira@upf.edu*

Resumen

En este artículo se presentan los resultados de una revisión bibliográfica sobre las investigaciones publicadas hasta la fecha sobre mapas conceptuales aplicando la metodología del seguimiento de la mirada. Se estudian los antecedentes de este tipo de trabajos: por un lado la producción científica genérica sobre mapas conceptuales con bases teóricas en la psicología del aprendizaje y por otro lado la metodología del seguimiento de la mirada aplicada a la investigación sobre la enseñanza y el aprendizaje. Finalmente se concreta en la intersección de ambos tipos de trabajos y se reseñan 15 publicaciones sobre mapas conceptuales usando el seguimiento de la mirada. Se analiza la calidad de estos trabajos, su visibilidad, los temas tratados y los resultados obtenidos. Las conclusiones son que hay pocas publicaciones, dispersas y con poca visibilidad y que el seguimiento de la mirada se aplica de forma poco eficiente. A pesar de estas conclusiones, se constata que la metodología del seguimiento de la mirada se adecua muy bien al estudio de los mapas conceptuales y se pronostica que en los próximos años habrán muchos más trabajos en este campo.

Palabras clave

Mapas conceptuales; Mapas de conocimiento; Organizador gráfico; Mapas de nodos y enlaces; Seguimiento de la mirada; *Eye tracking*; Estado de la cuestión; Bibliografía; Revisión bibliográfica.

Abstract

In this paper, we will be carrying out an in-depth analysis of a series of investigations involving concept maps used in eye tracking methodology. First, the background to this kind of research is analyzed: on the one hand we will focus on generic scientific literature about those concept maps with theoretical foundations in the psychology of learning, and second the literature of eye tracking in teaching and learning will be reviewed. Finally, we will center our attention on the way in which the literature for these two areas overlaps. A total of 15 published works on concept maps using eye tracking were located and subsequently the quality of these papers, their visibility, topics, and results were analyzed. The findings show there are very few published works on this subject, all originated from dispersed sources which proved difficult to locate, despite the fact that eye tracking methodology lends itself perfectly to the study of concept maps. We predict that in coming years there will be many more publications in this field.

Keywords

Concept maps; Knowledge maps; Graphic organizer; Node-link maps; Eye tracking; Eye movements; Comprehensive analysis; Bibliography; Literature reviews.

Rovira, Cristòfol (2016). "Theoretical foundation and literature review of the study of concept maps using eye tracking methodology". *El profesional de la información*, v. 25, n. 1, pp. 59-73.

<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2016.ene.07>

1. Introducción

Los mapas conceptuales son un tipo de representación gráfica que muestra las relaciones entre conceptos. Están formados por nodos (cuadrados de conceptos) y enlaces (líneas etiquetadas) con el objetivo de representar el conocimiento, y se usan de forma generalizada para facilitar el aprendizaje. Existen varias modalidades de mapas conceptuales, con diversas denominaciones, con características específicas e incluso con líneas de investigación diferenciadas. No obstante, la mayoría de las propuestas tienen las bases teóricas en la psicología del aprendizaje a partir de los trabajos de **David P. Ausubel** y la teoría del aprendizaje significativo (*meaningful learning*) (**Ausubel**, 1968).

La investigación sobre mapas conceptuales tiene una larga tradición que empezó a finales de los noventa, y el número de publicaciones ha ido en aumento cada año (**Nesbit; Adesope**, 2006). Son muchos los temas de estudio, los métodos de investigación e incluso las teorías que dan sentido a estos trabajos pero la mayoría de ellos se basan en la psicología del aprendizaje puesto que los mapas conceptuales son principalmente instrumentos para la enseñanza.

Por otro lado, la metodología del seguimiento de la mirada se ha aplicado de forma amplia en la investigación sobre el aprendizaje (**Lai et al.**, 2013), especialmente en la comprensión de la lectura, la resolución de problemas y, en general, para estudiar las estrategias de enseñanza y aprendizaje. Dentro de este último grupo se inscriben los estudios sobre mapas conceptuales.

Es una área de estudio muy nueva pero con grandes posibilidades puesto que la metodología del seguimiento de la mirada se adecua muy bien al estudio de los mapas conceptuales (**Rovira**, 2013). Es una metodología que ya ha demostrado su efectividad para la consulta de gráficos (**Mayer**, 2010) y para la investigación de la lectura (**Rayner et al.**, 2006), y los mapas conceptuales son básicamente gráficos que se leen.

El problema está en la escasez de este tipo de investigaciones y las dificultades para encontrarlas. Dificultades debidas a las diversas denominaciones que los mapas conceptuales presentan en la bibliografía científica y el poco conocimiento que los propios investigadores tienen de estas escasas publicaciones previas.

En este trabajo se da una solución a este problema realizando una revisión bibliográfica exhaustiva de todas las publicaciones sobre el estudio de mapas conceptuales por medio del seguimiento de la mirada publicadas hasta la fecha. Se han localizado tan sólo 15 trabajos: 2 tesis doctorales, 5 comunicaciones a congresos, 1 documento técnico y 7 artículos.

Todos los documentos, excepto 3, están indexados en *Google Scholar*. Todos los artículos están indexados también en *Scopus* y 6 lo están igualmente en la *Web of Science (SSCI)*. La primera referencia se publicó en 2007 y la última en 2014. Son trabajos muy dispersos ya que se citan muy poco entre ellos y poco visibles: exceptuando el artículo de **Amadiou** (2009), ninguna de las publicaciones recibe un número significativo de citas. Por otra parte, en muchas de estas investigaciones se aplica la metodología del seguimiento de la mirada de forma poco eficiente sin explotar todas sus posibilidades.

Un mapa conceptual es un esquema gráfico formado por conceptos y las relaciones entre estos conceptos

2. Metodología

Los objetivos de este trabajo son:

- presentar una visión general de los distintos tipos de mapas conceptuales con una presencia relevante en la bibliografía especializada;
- analizar las bases teóricas que guían su creación y utilización;
- revisar los principales temas;
- identificar líneas de investigación más productivas;
- profundizar en los trabajos donde se ha aplicado la metodología del seguimiento de la mirada para el estudio de mapas conceptuales.

Para lograr este último objetivo se ha realizado una revisión bibliográfica exhaustiva de los trabajos donde se ha aplicado esta metodología.

La revisión bibliográfica es de tipo descriptivo y evaluativo. Para ello primero se describen los artículos localizados, analizando su temática, calidad y visibilidad. Posteriormente se valora la forma en que se ha aplicado el método del seguimiento de la mirada y finalmente se sacan conclusiones sobre la evolución futura de este ámbito de estudio. Para localizar los artículos se usaron las bases de datos y buscadores siguientes: *Google Scholar*, *Web of Science*, *Scopus* y *ERIC*. Las ecuaciones de búsqueda fueron las siguientes:

Para el concepto de mapa conceptual:

"concept mapping" OR "concept map" OR "graphic organizer" OR "node link diagram" OR "node and link diagram" OR "knowledge map" OR "knowledge mapping" OR "semantic map" OR "semantic mapping" OR "mind map" OR "mind mapping" OR "concept diagram"

Para el concepto de seguimiento de la mirada:

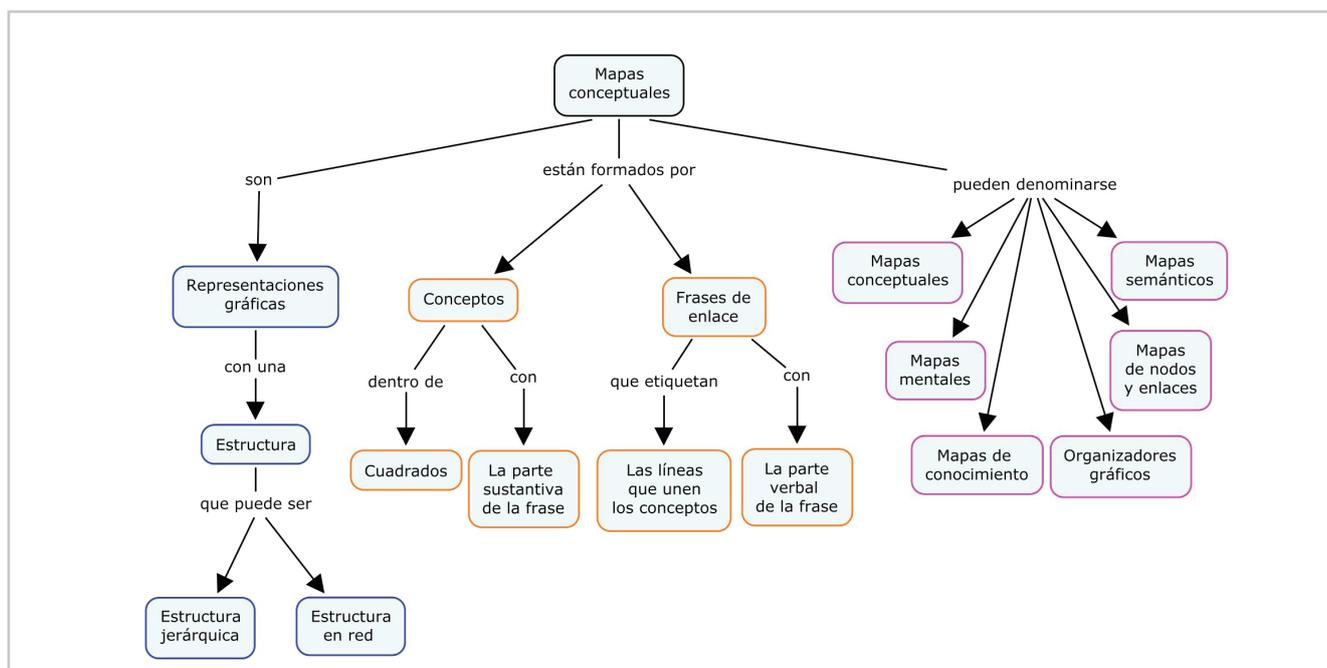


Figura 1. Definición de mapa conceptual

“eye tracker” OR “eye-tracker” OR “eyetracker” OR “eye tracking” OR “eye-tracking” OR “eyetracking” OR “eye movement” OR “eye movements”

Finalmente se combinaron ambos grupos de términos con el operador AND y se restringió la búsqueda a títulos o palabras clave. De los resultados obtenidos se han seleccionado aquellos trabajos pertenecientes a las líneas de investigación sobre mapas conceptuales más productivas y consolidadas en estos momentos, todas ellas relacionadas con los procesos de enseñanza y aprendizaje.

3. Orígenes y definiciones de los 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 (Ausubel, 1963; 1968; 2012), que han dado origen a diferentes instrumentos gráficos para favorecer el aprendizaje. Hay tres elementos básicos de la definición de Novak que están presentes en otros tipos de mapas:

- gráfico o esquema;
- conceptos o ideas;
- relaciones o enlaces entre estos conceptos.

La primera referencia a los mapas conceptuales en la bibliografía especializada (Åhlberg, 2004) la encontramos a fina-

les de los setenta (Stewart, 1979), pero fue en la década de los noventa cuando se disparó el número de investigaciones en este campo (Nesbit; Adesope, 2006). Diferentes tipos de mapas fueron propuestos y desarrollados de forma independiente cumpliendo con las tres características básicas indicadas. Algunos autores (Åhlberg, 2004; Davies, 2011; Eppler, 2006; Milam; Santo; Heaton, 2000) han analizado las diversas denominaciones que se pueden encontrar en la bibliografía, y son las siguientes:

- Mapas conceptuales (Novak, 1990a).
- Mapas mentales (Buzan; Buzan, 1995).
- Mapas de conocimiento o cognitivos (O'Donnell; Dansereau; Hall, 2002; Wiegmann; Dansereau; McCagg; Rewey; Pitre, 1992).
- Mapas de araña.
- Mapas semánticos (Lambiotte; Dansereau; Cross; Reynolds, 1989).
- Redes semánticas.
- Organizadores gráficos (Estes; Mills; Barron, 1969; Moore; Readence, 1984).
- Gráficos de nodos y enlaces (Dansereau, 2005; McCagg; Dansereau, 1991).
- Diagramas conceptuales.
- Etc.

Algunos autores (Nesbit; Adesope, 2006; 2013) citan los trabajos de Quillian de finales de los sesenta como uno de los primeros antecedentes a los actuales mapas conceptuales debido a su propuesta sobre redes semánticas (Collins; Quillian, 1969; Quillian, 1967). No obstante, hay que contextualizar estas aportaciones en un ámbito distinto al que vamos a tratar en este artículo. Se trataba del uso de los mapas para representar la memoria humana con el objetivo del posterior desarrollo de software para imitar su funcionamiento. Es un planteamiento que se ha dado en disciplinas como la lingüística computacional, la inteligencia artificial o la robótica.

También hay investigaciones sobre gráficos de nodos y enlaces desde otras disciplinas, como:

- la usabilidad o la visualización de la información (**Ghoniem; Fekete; Castagliola**, 2004; **Ghoniem**, 2005; **Henry; Fekete; McGuffin**, 2007; **Holten; Van-Wijk**, 2009);
- la lingüística (**Haspelmath**, 2000; **Van-Der-Auwera; Plungian**, 1998; **Van-Der-Auwera**, 2008);
- las ciencias de la documentación (*library and information sciences*) (**Tramullas; Sánchez-Casabón; Garrido-Picazo**, 2009).

No obstante, estos trabajos no son citados en la bibliografía con bases teóricas en la psicología.

Todos los tipos de mapas que se han mencionado tienen una estructura formada por nodos y enlaces y se diferencian básicamente por tres detalles:

- asociar o no texto a las relaciones;
- la posición del concepto inicial (centro o parte superior);
- el patrón de la organización general del mapa (red, estrella o jerarquía).

Algunas de estas propuestas se han consolidado como líneas de investigación, en especial los mapas conceptuales de **Novak** (1990a), los mapas de conocimiento de **Dansereau** (**McCagg; Dansereau**, 1991) y los organizadores gráficos (**Estes et al.**, 1969).

Para los objetivos de este trabajo, cualquiera de las propuestas es válida ya que nuestra intención es revisar las investigaciones que han aplicado la metodología del seguimiento de la mirada en cualquier tipo de gráfico que sea coherente con el paradigma “nodo - enlace”.

Existe una cierta confusión en la terminología de la producción científica. En función de la línea de investigación, algunos autores consideran que el término más genérico es “organizadores gráficos” dentro del cual incluyen los mapas conceptuales de **Novak** y los mapas de conocimiento de **Dansereau** (**Stull; Mayer**, 2007; **Vekiri**, 2002). En cambio otros autores usan como término genérico “mapa de conocimiento” (**McCagg; Dansereau**, 1991; **Wiegmann et al.**, 1992) y otros consideran el término “mapas conceptuales” como el más inclusivo (**Milam et al.**, 2000; **Nesbit; Adesope**, 2006; 2013). En este artículo optaremos por esta última alternativa y cuando hagamos referencia específica a los mapas de **Novak** usaremos la expresión “mapas conceptuales novakianos”.

4. Bases teóricas de los mapas conceptuales

Las teorías más frecuentes que guían la creación, el uso y el

estudio de los mapas conceptuales pertenecen a la psicología cognitiva (**Ausubel, Vygotski, Piaget y Bruner**). No obstante, algunas versiones de gráficos formados por nodos y enlaces han sido estudiados desde otras disciplinas, como la lingüística (**Van-Der-Auwera**, 2008), la interacción persona-ordenador y la visualización de la información (**Ghoniem et al.**, 2004; **Henry et al.**, 2007).

Los mapas conceptuales también pueden denominarse mapas de conocimiento, mapas mentales, mapas semánticos, organizadores gráficos, diagramas conceptuales, gráficos de nodos y enlaces...

Los mapas conceptuales son instrumentos versátiles y flexibles que han sido aplicados a diversas finalidades, como por ejemplo potenciar el aprendizaje, evaluar a los estudiantes, ayudar a la creatividad en la escritura (lluvia de ideas), comprender la lectura, intercambiar ideas en grupos de trabajo, comunicar ideas (presentaciones)... No obstante, es en los procesos de enseñanza y aprendizaje donde existe una mayor producción bibliográfica con diferencia. Las primeras investigaciones fueron a finales de los ochenta y principios de los noventa (**Daley et al.**, 1999; **Markham; Mintzes; Jones**, 1994; **Roth; Roychoudhury**, 1992; 1993; **Wallace; Mintzes**, 1990; **Willerman; Mac-Harg**, 1991) y el número de publicaciones ha ido incrementándose cada año hasta la actualidad (**O'Donnell et al.**, 2002; **Vekiri**, 2002; **Nesbit; Adesope**, 2006; 2013; **Adesope; Nesbit**, 2009).

En el ámbito específico del uso y el estudio de los mapas conceptuales para el aprendizaje podemos considerar que hay tres líneas de trabajo principales. Todas ellas derivan de forma explícita de la teoría del aprendizaje significativo de **Ausubel** (1963). Cada línea de trabajo usa un tipo de mapa con una denominación y unas características específicas y sus investigaciones se centran en un aspecto concreto del proceso de aprendizaje (tabla 1).

La teoría del aprendizaje significativo de **Ausubel** (1963; 1968; 2012) ha dado cobertura teórica y ha guiado la praxis de estas tres líneas de investigación y de la mayoría de la producción científica sobre mapas conceptuales cuando se aplican a la enseñanza y el aprendizaje. La idea central de la teoría de **Ausubel** es que el proceso de aprendizaje se producirá de forma más eficiente y no memorística si los nuevos conocimientos se pueden relacionar de forma sus-

Tabla 1. Principales líneas de investigación relacionadas con los mapas conceptuales

Denominación del mapa	Principales autores	Tema más importante de investigación	Características específicas de los mapas
Organizadores gráficos	Estes et al. , 1969	Mapas para la ayuda a la comprensión de la lectura	- Los enlaces no suelen estar etiquetados.
Mapa conceptual	Novak , 1990a	Aprendizaje con la creación de mapas	- Estructura jerárquica. - Los conceptos más generales y abstractos situados en la parte superior. - Enlaces siempre etiquetados.
Mapa de conocimiento	McCagg; Dansereau , 1991	Aprendizaje con la creación de mapas	- Enlaces estandarizados. - Estructuras estandarizadas. - Diseño basado en principios de la <i>Gestalt</i> . - Líneas de los enlaces con dirección

tancial con lo que el alumno ya sabe previamente. Por tanto, para producirse el aprendizaje, los estudiantes deberán tener estos conocimientos previos, llamados “organizadores avanzados”, en forma de ideas generales y abstractas que presentan una visión general y que además son relevantes para los nuevos conocimientos (Ausubel, 1960; 1978). Los organizadores avanzados permiten construir un andamiaje (Mayer, 1979) para los nuevos aprendizajes que los estudiantes utilizarán precisamente para organizar sus conocimientos, identificar aquello que es importante y finalmente establecer relaciones significativas entre la nueva información entrante y los conocimientos previos.

Los mapas conceptuales derivan directamente de la idea de los “organizadores avanzados” que originariamente se realizaron por medio de fragmentos de texto y luego evolucionaron para incluir gráficos y pasaron a denominarse “organizadores gráficos”. Los mapas conceptuales son instrumentos adecuados para jugar el rol de organizador gráfico mostrando de forma fácil una visión general y abstracta sobre un determinado tema en forma de red de conceptos. Permiten materializar la idea de los organizadores avanzados donde los estudiantes podrán identificar los conceptos que ya conocen junto a los que son nuevos y todo ello dentro de un contexto general con todos los conocimientos importantes del tema tratado.

Aparte de los mapas conceptuales, hay otros tipos de gráficos que han sido usados con funciones de organizadores gráficos, como por ejemplo matrices, listas, diagramas de flujo, líneas de tiempo o tablas. En todos los casos se trata de representaciones gráficas que muestran las relaciones entre conceptos por medio de su posición, las líneas de conexión o la intersec-

ción de figuras. También en el término de “organizador gráfico” hay una cierta confusión ya que no hay consenso para establecer una definición operativa (Merkley; Jefferies, 2000; Moore; Readence, 1984). Además, en muchas investigaciones se sobreentiende que al hablar de “organizadores gráficos” se está hablando principalmente de gráficos de nodos y enlaces, o sea de mapas conceptuales, en cambio en otros casos se está trabajando con matrices.

Los mapas conceptuales se aplican al aprendizaje a partir de la teoría del aprendizaje significativo de David P. Ausubel según la cual el proceso de aprendizaje se producirá de forma significativa y no memorística si los nuevos conocimientos se pueden relacionar de forma sustancial con lo que el alumno ya sabe previamente

Tanto por razones temporales como por características internas, los mapas conceptuales novakianos y los mapas de conocimiento de Dansereau pueden considerarse dos tipos específicos de organizadores gráficos con unas características propias muy definidas que concretan la vaga definición inicial de los organizadores gráficos (Nesbit; Adesope, 2006; Robinson *et al.*, 1998). De hecho se podría establecer un doble nivel de concreción.

En un primer escalón estarían los mapas conceptuales de Novak donde se aplican dos condiciones básicas a los orga-

Tabla 2. Principales teorías psicológicas relacionadas con la investigación sobre mapas conceptuales

Nombre de la teoría/hipótesis	Principales autores	Año	Argumento esencial	Grado de aplicación en los mapas conceptuales
Aprendizaje significativo	Ausubel	1968	El proceso de aprendizaje se producirá de forma significativa y no memorística si los nuevos conocimientos se pueden relacionar de forma sustancial con lo que el alumno ya sabe previamente.	Alto
Dual coding	Paivio	1986	Los gráficos y el texto se representan de dos formas en la memoria: visual y verbal. Estas dos representaciones están relacionadas y cuando se combinan favorecen a la memoria y ayudan al aprendizaje.	Alto
<i>Cognitive load theory</i>	Sweller	1988	La carga cognitiva (<i>cognitive load</i>) se refiere al esfuerzo mental que es necesario realizar para el control de la memoria. La <i>Cognitive load theory</i> identifica tres tipos de carga: cognitiva intrínseca, extraña y pertinente. A partir del análisis de los distintos tipos de carga cognitiva se proporcionan directrices para presentar la información de forma óptima para un buen rendimiento intelectual.	Alto
<i>Conjoint retention theory</i>	Kulhavy	1985	Es una extensión de la <i>Dual coding</i> para explicar la adquisición de conocimientos usando gráficos, especialmente mapas geográficos, y teniendo en cuenta los símbolos, iconos y puntos de referencia que suelen incluir.	Bajo
<i>Activity theory</i>	Leontyev	1972	Es una meta-teoría o un término paraguas aplicado a muchos ámbitos. En el campo de la enseñanza esta teoría postula que los estudiantes aprenden de forma más profunda con la práctica, realizando actividades, que con comportamientos más pasivos como escuchando, leyendo o consultando información.	Bajo
Visual argument hypothesis	Waller	1981	Las representaciones gráficas son eficaces porque su procesamiento requiere menos transformaciones cognitivas que la lectura de texto y por tanto no se superan las limitaciones de la memoria de trabajo.	Bajo
<i>Assimilation theory</i>	Mayer	1979	Los gráficos permiten construir una representación mental de un texto y proporcionan un marco organizativo antes de su lectura.	Bajo

nizadores gráficos:

- la estructura general debe ser jerárquica;
- las relaciones entre conceptos tienen que estar siempre etiquetadas con una frase de enlace formada por su sintagma verbal.

En un segundo nivel de concreción estarían los mapas de conocimiento ya que los enlaces y las estructuras deben estar además estandarizados de acuerdo con unos modelos previos.

El método del seguimiento de la mirada proporciona indicios sobre cómo los individuos procesan la información. Algunos autores la consideran una ventana de la mente

En la investigación sobre mapas conceptuales a menudo se citan otras teorías, modelos o hipótesis de origen psicológico que han permitido guiar el diseño de la investigación, argumentar los objetivos planteados y posteriormente contextualizar y explicar los resultados obtenidos (Nesbit; Adesope, 2006; 2013; Vekiri, 2002). Las principales son (tabla 2):

- *Dual coding* (Paivio, 1986; 1991);
- *Cognitive load theory* (Sweller, 1988);
- *Conjoint retention theory* (Kulhavy; Lee; Caterino, 1985);
- *Activity theory* (Leontyev, 1972);
- *Visual argument theory* (Waller, 1981);
- *Assimilation theory* (Mayer, 1979).

5. Investigación sobre mapas conceptuales

Los mapas conceptuales se han usado desde hace más de 20 años en la enseñanza primaria, secundaria y universita-

ria en materias de ciencias sociales, humanidades, ciencias naturales o en materias tecnológicas (Nesbit; Adesope, 2013). Se han aplicado principalmente para la transmisión y el aprendizaje de conocimiento de tipo verbal o conceptual. Además se han desarrollado multitud de programas informáticos para facilitar su creación y edición (Rovira, 2005), muchos de ellos pensados para un entorno educativo. A pesar de esta larga experiencia colectiva, hay muchos interrogantes abiertos sobre por qué funcionan y cuál es la manera más efectiva de usarlos.

La investigación sobre mapas conceptuales aplicados a la formación y al aprendizaje ha ido aumentando de forma ininterrumpida desde finales de 1980 (Nesbit; Adesope, 2006). Varios autores han analizado esta producción bibliográfica y han identificado los temas de investigación más frecuentes, las teorías implicadas, los objetivos perseguidos, las metodologías aplicadas y los resultados obtenidos (Cañas et al., 2003; Lambiotte et al., 1989; Milam et al., 2000; Moore; Readence, 1984; Nesbit; Adesope, 2006; 2013; Vekiri, 2002; Winn, 1991).

La mayoría de estos estudios evalúan la efectividad de los mapas conceptuales en los procesos de enseñanza/aprendizaje, ya sea como (tabla 3):

- instrumento de transmisión de conocimiento (lectura de mapas conceptuales);
- medio para realizar actividades de aprendizaje (creación de mapas conceptuales);
- instrumento de evaluación de los aprendizajes realizados (pruebas de evaluación con mapas conceptuales).

Otros estudios intentan identificar las características óptimas de los mapas conceptuales para cumplir con sus objetivos (diseño de mapas), o para determinar si las diferencias individuales (por ejemplo, expertos versus noveles) condi-

Tabla 3. Principales temas de investigación sobre mapas conceptuales

Tema	Principales autores
Aprendizaje con la creación de mapas	Amadiou et al., 2009; Chang; Sung; Chen, 2001; Hay, 2007; Horton et al., 1993; Lambiotte; Dansereau, 1992; Novak; Cañas, 2006
Aprendizaje consultando y estudiando mapas construidos previamente	Nesbit; Adesope, 2011; O'Donnell et al., 2002; D. F. Wallace, 1998; Willerman; Mac-Harg, 1991
Comparación entre construir un mapa o leer un mapa	Karpicke; Blunt, 2011; Lim; Lee; Grabowski, 2009; O'Donnell et al., 2002; Stull; Mayer, 2007
Comparar el aprendizaje con mapas conceptuales con otros instrumentos	Chang et al., 2001; Dansereau; Moreland; Chmielewski, 1997; Hall; O'Donnell, 1996
Comprender la lectura de textos gracias a mapas conceptuales	DiCecco; Gleason, 2008; Jiang; Grabe, 2007; Robinson; Kiewra, 1995
Diseño de mapas conceptuales efectivos	D. F. Wallace, 1998; Wiegmann et al., 1992
Comparación de la efectividad de los mapas conceptuales teniendo en cuenta las diferencias individuales	Amadiou et al., 2009; Lambiotte et al., 1989; O'Donnell et al., 2002
Evaluación del aprendizaje por medio de mapas conceptuales	Markham et al., 1994; J. D. Wallace; Mintzes, 1990; Kinchin; Hay; Adams, 2000; Novak; Gowin, 1984; Pearsall; Skipper; Mintzes, 1997; Ruiz-Primo; Shavelson, 1996; Turns; Atman; Adams, 2000
Aprendizaje con mapas conceptuales de forma colaborativa	Esiobu; Soyibo, 1995; Haugwitz; Nesbit; Sandmann, 2010; Okebukola; Olugbemiro, 1988; Patterson; Dansereau; Wiegmann, 1993; Roth; Roychoudhury, 1993; Stoyanova; Kommers, 2002; Van-Boxtel; Van-der-Linden; Roelofs; Erkens, 2002
Mapas conceptuales para la planificación y el desarrollo del currículum	Cristea; Okamoto, 2001; Edmondson, 2000; Novak, 1998
Mapas conceptuales para potenciar la creatividad en la escritura	Anderson-Inman; Horney, 1996; Sturm; Rankin-Erickson, 2002

cionan la efectividad del aprendizaje. Las últimas tendencias apuntan hacia al desarrollo de programas informáticos para crear mapas conceptuales que proporcionen sugerencias a los autores o que permitan mostrar los mapas de forma interactiva y dinámica (Nesbit; Adesope, 2005; Rueda *et al.*, 2003).

6. Mapas conceptuales y seguimiento de la mirada

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).

Consiste en 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 cómo los sujetos procesan la información llevan a algunos autores a calificarla como “ventana de la mente” (Grant; Spivey, 2003).

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.

Los movimientos sacádicos son los movimientos en línea recta que se realizan entre una fijación de la mirada y la siguiente. Sólo cuando fijamos la mirada durante algunos milisegundos obtenemos información que luego será procesada para percibir la visión global de una palabra, una imagen o cualquier otro elemento que visualicemos. 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. Por ejemplo, hay un amplio consenso en que un incremento en el número de fijaciones o en su duración indica que el sujeto se está enfrentando con una tarea compleja (Ball *et al.*, 2003; Epelboim; Suppes, 2001; Hegarty; Just, 1993; Holmqvist *et al.*, 2011; Rayner *et al.*, 2006; Rayner, 1998; Underwood; Jebbett; Roberts, 2004).

Las publicaciones sobre mapas conceptuales aplicando la metodología del seguimiento de la mirada son escasas, dispersas y con poca visibilidad a pesar de que la metodología del seguimiento de la mirada se adecua muy bien al estudio de los mapas conceptuales

El *eye tracking* se ha aplicado en la investigación sobre el aprendizaje durante las últimas décadas de forma amplia y satisfactoria. Lai (2013) identificó hasta 113 investigaciones publicadas en la *Web of Science* entre los años 2000 y 2013 donde se aplicaba el seguimiento de la mirada al campo del aprendizaje. A partir del año 2009 se disparó el número de publicaciones pasando de 3 en 2008 a 21 en 2009, llegando a las 36 trabajos en 2012. No es arriesgado pronosticar que la tendencia se mantendrá y que en los próximos años estas cifras serán todavía mayores.

Más del 70% de las investigaciones identificadas por Lai están dedicadas al análisis del procesamiento de la información y a los efectos de las estrategias de enseñanza y aprendizaje. Dentro de este último grupo se incluyen los estudios sobre mapas conceptuales (Amadiou *et al.*, 2009) junto a otros entornos de aprendizaje multimedia (D’Mello *et al.*, 2012; Mu, 2010; Pradhan *et al.*, 2011; Wiebe *et al.*, 2009).

En los trabajos donde se aplica el seguimiento de la mirada a los mapas conceptuales se citan diferentes tipos de estudios previos para contextualizar y argumentar el diseño de la investigación y los resultados obtenidos. Por una parte se cita la bibliografía sobre mapas conceptuales realizada con otro tipo de metodologías que ya hemos analizado en el punto 4. Por otra parte, al haber escasos estudios previos sobre mapas estudiados con el seguimiento de la mirada, se dan referencias a estudios donde se aplica esta metodología a otro tipo de instrumentos o procesos como la multimedia, los gráficos, la lectura o la resolución de problemas (tabla 4).

Tabla 4. Tipos de trabajos previos sobre el seguimiento de la mirada que son citados en los estudios donde se aplica esta metodología a los mapas conceptuales

Seguimiento de la mirada aplicado a:	Principales autores
Multimedia y gráficos	Hyönä, 2010; H. C. Liu; Lai; Chuang, 2011; Mayer, 2010; Ozcelik; Arslan-Ari; Cagiltay, 2010; Ozcelik; Karakus; Kursun; Cagiltay, 2009; She; Chen, 2009; Van-Gog; Scheiter, 2010
Comprensión de la lectura	Findlay; Gilchrist, 2003; Rayner <i>et al.</i> , 2006; Rayner, 1998; Frenck-Mestre; Pynte, 1997; Frenck-Mestre, 2005
Resolución de problemas	Crowe; Averbek; Chafee; Anderson; Georgopoulos, 2000; Epelboim; Suppes, 2001; Grant; Spivey, 2003

Tabla 5. Publicaciones sobre mapas conceptuales aplicando el seguimiento de la mirada

Año	Título del artículo	Autor/es	Término usado en el artículo	Citas recibidas: Google Scholar / Scopus / WoS	Citas recibidas de entre las 15 publicaciones seleccionadas
2014	Using eye tracking to understand learners' reading process through the concept-mapping learning strategy	P. L. Liu, 2014	Concept mapping	0 / 0 / 0	0
2014	Cognitive analysis of 'Experts and Novices' concept mapping processes: An eye tracking study	Dogusoy-Taylan; Cagiltay, 2014	Concept map	2 / 0 / 0	0
2014	An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text	Ponce; Mayer, 2014a	Graphic organizer	0 / 0 / 0	0
2014	Qualitatively different cognitive processing during online reading primed by different study activities	Ponce; Mayer, 2014b	Graphic organizer	4 / - / 2	0
2013	How users read concept maps: An eye-tracking study	Rovira, 2013	Concept map	0 / 0 / -	0
2013	The importance of design in learning from node-link diagrams	Van-Amelsvoort et al., 2013	Node-link diagrams	3 / 0 / 0	1
2012	Learning from concept maps: Validating the use of eye-movement data	Bisra; Nesbit, 2012b	Concept map	- / - / -	0
2012	How learners visually navigate concept maps: An analysis of eye movement single transitions	Bisra; Nesbit, 2012a	Concept map	- / - / -	0
2012	Cognitive analysis of 'experts and novices' concept mapping processes	Dogusoy-Taylan, 2012	Concept map	2 / - / -	0
2011	Analyzing students' eye movements of their EFL reading with concept mapping strategy	P. L. Liu; Wen; Lai; Chen, 2011	Concept mapping	- / 0 / -	0
2010	Experts' & novices' concept map formation process: An eye-tracking study	Dogusoy-Taylan, 2010	Concept map	0 / 0 / -	0
2010	How learners visually navigate concept maps: an analysis of eye movements	Bisra, 2010	Concept map	1 / - / -	1
2009	Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning	Amadiou et al., 2009	Concept-map	106 / 46 / 40	4
2008	Effects of knowledge interdependence with the partner on visual and action transactivity in collaborative concept mapping	Molinari; Sangin; Nüssli; Dillenbourg, 2008	Concept mapping	10 / 0 / -	0
2007	How students read concept maps: A study of eye movements	Nesbit et al., 2007	Concept map	8 / 1 / -	4

Estudios sobre mapas conceptuales aplicando la metodología del seguimiento de la mirada

Después de una amplia revisión bibliográfica se han localizado 15 investigaciones sobre mapas conceptuales publicadas entre 2007 y 2014 en las cuales se aplica el método del seguimiento de la mirada (tabla 4). Se han llevado a cabo búsquedas en *Google Scholar*, *Web of Science*, *Scopus* y *Eric* para encontrar publicaciones en las que se usara el movimiento de la mirada para estudiar cualquier modalidad de mapa conceptual. Tal como se ha indicado en el apartado de metodología, se han utilizado los términos más habituales tanto para el concepto de "mapa conceptual", con las palabras clave de "mapa conceptual", "mapa de conocimiento", "organizador gráfico" y "mapa de nodos y enlaces", como para el concepto de "seguimiento de la mirada", con las palabras clave "eye tracking" y "eye movement" con sus diversas variaciones. Posteriormente se han usado las refe-

rencias de las bibliografías de los artículos para encontrar algunos documentos no indexados, como comunicaciones a congresos, tesis doctorales o informes técnicos.

El resultado final han sido 15 publicaciones que corresponden a 2 tesis doctorales, 5 comunicaciones a congresos, 1 documento técnico y 7 artículos. La primera referencia se publicó en 2007 y la última en 2014. El 80% de los documentos está indexado en *Google Scholar*, el 66% en *Scopus* y el 40% en la *Web of Science*.

Es un grupo de publicaciones muy disperso, con muy pocas citas entre ellas. Exceptuando las autocitas, sólo 4 trabajos reciben citas de otros documentos del grupo:

- Amadiou et al., 2009 es citado por Bisra, 2010; Dogusoy, 2012; P. L. Liu, 2014; Van-Amelsvoort et al., 2013
- Nesbit et al., 2007 es citado por Bisra, 2010; Dogusoy, 2012; P. L. Liu, 2014; Van-Amelsvoort et al., 2013.

- **Bisra**, 2010 es citado por **P. L. Liu**, 2014
- **Van-Amelsvoort et al.**, 2013 es citado por **P. L. Liu**, 2014

Hay dos indicadores que muestran la poca madurez de este tipo de investigaciones: sólo el 40% de las publicaciones están indexadas en la base de datos *Web of Science* y tan sólo una de ellas (**Amadiou et al.**, 2009) tiene un número significativo de citas recibidas: 40 en *Web of Science*; 46 en *Scopus* y 106 en *Google Scholar*.

Los mapas conceptuales son gráficos que se leen y el seguimiento de la mirada se ha usado con éxito tanto en la consulta de gráficos como en la comprensión de la lectura

En la mayoría de trabajos se usan los términos “mapa conceptual” u “organizador gráfico” y se cita a **Novak** de forma generalizada. Sorprende no ver publicaciones cercanas a la línea de trabajo sobre mapas de conocimiento (**McCagg; Dansereau**, 1991) teniendo en cuenta que su producción científica está centrada precisamente en el aprendizaje con la consulta y lectura de mapas.

Existen otras 3 investigaciones que analizan los mapas conceptuales por medio del seguimiento de la mirada que no han sido incluidas en esta selección debido a que corresponden a líneas de investigación con bases teóricas en la disciplina de la visualización de la información y con objetivos distintos al uso de los mapas en procesos de enseñanza y aprendizaje (**Burch et al.**, 2011; **Jianu et al.**, 2014; **Ware; Gilman; Bobrow**, 2008).

Los trabajos de **Dogusoy** (2010; 2012; 2014) y **Amadiou** (2009) analizan las diferencias entre expertos y noveles.

Dogusoy estudia los procesos cognitivos de expertos y noveles ante la tarea de la creación de mapas conceptuales llegando a la conclusión que ambos grupos de usuarios siguen patrones diferentes en el proceso de desarrollo de mapas conceptuales a pesar de que aplican algunas estrategias similares.

Amadiou explora el aprendizaje a partir de la consulta de mapas conceptuales y considerando dos variables:

- nivel de conocimientos previo de los sujetos;
- estructura de los mapas conceptuales (jerárquica o en red).

Los resultados muestran que los sujetos con pocos conocimientos previos alcanzan el mismo nivel de conocimientos factuales con mapas jerárquicos o en red, pero con los mapas jerárquicos obtienen un mayor nivel de conocimientos conceptuales. En cambio, los sujetos con un alto grado de conocimientos previos, obtienen un mayor nivel de aprendizajes factuales con los mapas en red pero alcanzan el mismo nivel de conocimientos conceptuales en los dos tipos de mapas.

Molinari (2008) analiza la construcción de mapas conceptuales de forma colaborativa.

Nesbit (2007), **Rovira** (2013), **Bisra** (2010) y **Van-Amelsvoort** (2013) estudian cómo los sujetos consultan los mapas conceptuales. **Nesbit** y **Rovira** llegan a conclusiones compatibles a pesar de usar en sus trabajos mapas con estructuras diferentes:

- estructura jerárquica en los trabajos de **Rovira**;
- estructura en red en el caso de **Nesbit**.

Las conclusiones en ambos casos son que las zonas que reciben antes la atención de los usuarios son los conceptos raíz (concepto superior en mapas jerárquicos y concepto central en los de red) para luego avanzar hacia la parte superior izquierda.

Bisra obtuvo los siguientes resultados en relación con la consulta de mapas:

- el procesamiento de los nodos implica un mayor tiempo que las frases de enlace;
- los sujetos son guiados por las líneas que unen los conceptos;
- los usuarios tienden a no seguir la dirección indicada por las flechas asociadas a las frases de enlace.

Finalmente los resultados de los estudios de **Van-Amelsvoort** indican que las características de los conceptos situados en la cabecera determinan el comportamiento en la consulta del mapa. No obstante, utilizó en su estudio un organizador gráfico de nodos y enlaces con una estructura con forma de matriz que es difícilmente comparable con los mapas usados en los otros estudios.

En los trabajos de **Ponce** (2014a; 2014b) y **P. L. Liu** (2011; 2014) se comparan las diferencias en el comportamiento de los usuarios ante la lectura de un texto junto con un mapa. A partir de estas publicaciones no es posible extraer conclusiones aplicables a la consulta de mapas conceptuales en general ya que los sujetos combinaron la lectura de un texto con la consulta de un mapa, tarea mucho más compleja que la simple visualización de un mapa.

En algunos casos se aplica el seguimiento de la mirada de forma poco eficiente, con unos objetivos excesivamente ambiciosos a los que este método difícilmente puede dar respuesta. Se usan mapas muy grandes con estructuras muy complejas. Los usuarios ejecutan tareas difíciles donde hay muchas variables en juego que no se pueden controlar. El modelo a seguir para los mapas conceptuales deberían ser los trabajos de **Rayner** (1998; 2006) aplicados al estudio de la lectura donde se estudia sólo un aspecto concreto con un control exhaustivo de variables intervinientes.

7. Conclusiones

En este artículo se han analizado las bases teóricas de los mapas conceptuales identificando las principales líneas de investigación, las teorías más importantes y los temas de estudio más frecuentes. A partir de estas bases teóricas se ha revisado la bibliografía donde se ha aplicado la metodología del seguimiento de la mirada al estudio de los mapas conceptuales. Se han localizado 15 publicaciones que corresponden a 2 tesis doctorales, 5 comunicaciones a congresos, 1 documento técnico y 7 artículos. Se han analizado estas publicaciones llegando a la conclusión de que son publica-

ciones dispersas y con poca visibilidad. Los referentes previos de estas publicaciones son investigaciones donde se ha usado la metodología del seguimiento de la mirada para el estudio de: multimedia, gráficos, comprensión de la lectura y resolución de problemas. También se ha visto que en algunos casos no se ha aplicado de forma eficiente esta metodología, no hay un buen control de las variables intervinientes: mapas excesivamente grandes, tareas excesivamente largas y objetivos excesivamente ambiciosos.

La metodología de investigación del seguimiento de la mirada ha sido usada de forma generalizada en estudios sobre el aprendizaje o la enseñanza (Lai et al., 2013). Por otro lado, desde la década de los 90 hay una extensa producción bibliográfica sobre mapas conceptuales realizada desde la psicología del aprendizaje (Nesbit; Adesope, 2006; 2013). En cambio, hay escasos trabajos donde se aplique el seguimiento de la mirada a la investigación de mapas conceptuales a pesar de que se ha constatado que es una metodología adecuada (Rovira, 2010). Es una metodología que permite obtener indicios sobre los procesos cognitivos que los sujetos ponen en juego cuando interactúan con este tipo de instrumentos, especialmente la atención y la percepción. Es una situación sorprendente puesto que los mapas conceptuales no dejan de ser gráficos con una parte importante de texto, por tanto gráficos que se leen. El seguimiento de la mirada se ha usado con éxito tanto en estudios sobre la consulta de gráficos (Mayer, 2010), como sobre la comprensión de la lectura, donde existe una larga tradición (Rayner et al., 2006; Rayner, 1998). Por tanto, no resulta arriesgado pronosticar que en los próximos años habrá muchos más trabajos (Adesope; Nesbit, 2013); de hecho en los 2 últimos años se ha publicado el 40% de las investigaciones de este campo.

8. Bibliografía

- Adesope, Olusola O.; Nesbit, John C. (2009). "A systematic review of research on collaborative learning using concept mapping". In: Lupion-Torres, Patricia; De-Cássia-Veiga-Mariotti, Rita. *Handbook of research on collaborative learning using concept mapping*. Hershey, PA: IGI Global, pp. 238-255. ISBN: 9781599049922
<http://dx.doi.org/10.4018/978-1-59904-992-2>
- Adesope, Olusola O.; Nesbit, John C. (2013). "Animated and static concept maps enhance learning from spoken narration". *Learning and instruction*, v. 27, pp. 1-10.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2013.02.002>
- Åhlberg, Mauri (2004). "Varieties of concept mapping". In: *Procs. of the First intl. conf on concept mapping*, pp. 1-4.
<http://cmc.ihmc.us/papers/cmc2004-206.pdf>
- Amadiou, Franck; Van Gog, Tamara; Paas, Fred; Tricot, André; Mariné, Claudette (2009). "Effects of prior knowledge and concept-map structure on disorientation, cognitive load, and learning". *Learning and instruction*, v. 19, n. 5, pp. 376-386.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.005>
- Anderson-Inman, Lynne; Horney, Mark (1996). "Computer-based concept mapping: enhancing literacy with tools for visual thinking". *Journal of adolescent & adult literacy*, v. 40, n. 4, pp. 302-306.
<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.2302&rep=rep1&type=pdf>
- Ausubel, David-Paul; Novak, Joseph D.; Hanesian, Helen (1968). *Educational psychology: A cognitive view*. New York: Holt, Rinehart and Winston. ISBN: 9780030696404
<https://books.google.es/books?id=HINpAAAAMAAJ>
- Ausubel, David-Paul (1960). "The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal material". *Journal of educational psychology*, v. 51, n. 5, pp. 267-272.
<http://dx.doi.org/10.1037/h0046669>
- Ausubel, David-Paul (1963). *The psychology of meaningful verbal learning*, Oxford: England: Grune & Stratton. ISBN: 978 0808900252
- Ausubel, David-Paul (1978). "In defense of advance organizers: A reply to the critics". *Review of educational research*, v. 48, n. 2, pp. 251-257.
http://www.jstor.org/stable/1170083?seq=1#page_scan_tab_contents
- Ausubel, David-Paul (2012). *The acquisition and retention of knowledge: a cognitive view*. Springer Netherlands. ISBN: 9789401594547
- Ball, Linden J.; Lucas, Erica J.; Miles, Jeremy N. V.; Gale, Alastair 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*, v. 56, n. 6, pp. 1053-1077.
<http://dx.doi.org/10.1080/02724980244000729>
- Bisra, Kiran (2010). "How learners visually navigate concept maps: an analysis of eye movements". Thesis. Faculty of Education. Simon Fraser University.
http://summit.sfu.ca/system/files/iritems1/12811/etd6060_KBisra.pdf
- Bisra, Kiran; Nesbit, John C. (2012a). "From the how learners visually navigate concept maps: An analysis of eye movement single transitions". In: *American Educational Research Association annual conf.*
<http://www.aera.net/repository>
- Bisra, Kiran; Nesbit, John C. (2012b). "Learning from concept maps: validating the use of eye-movement data". In: *American Educational Research Association annual conf.*
<http://www.aera.net/repository>
- Burch, Michael; Heinrich, Julian; Konevtsova, Natalia; Höferlin, Markus; Weiskopf, Daniel (2011). "Evaluation of traditional, orthogonal, and radial tree diagrams by an eye tracking study". *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, v. 17, n. 12, pp. 2440-2448.
<http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2011.193>
- Buzan, Tony; Buzan, Barry (1995). *The mind map book: Radiant thinking - Major evolution in human thought*. London: BBC Worldwide Publishing. ISBN: 978 0563537328
- Cañas, Alberto J.; Coffey, John W.; Carnot, Mary-Jo; Felto-ovich, Paul; Hoffman, Robert R.; Felto-ovich, Joan; Novak, Joseph D. (2003). "A summary of literature pertaining to the use of concept mapping techniques and technologies for education and performance support", pp. 1-108.

<http://www.ihmc.us/users/acanas/publications/conceptmaplitreview/ihmc%20literature%20review%20on%20concept%20mapping.pdf>

Chang, Kuo-En; Sung, Yao-Ting; Chen, S. F. (2001). "Learning through computer-based concept mapping with scaffolding aid". *Journal of computer assisted learning*, v. 17, n. 1, pp. 21-33. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2729.2001.00156.x>

Collins, Allan M.; Quillian, M. Ross (1969). "Retrieval time from semantic memory". *Journal of verbal learning and verbal behavior*, v. 8, n. 2, pp. 240-247. [http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371\(69\)80069-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0022-5371(69)80069-1)

Cristea, Alexandra I.; Okamoto, Toshio (2001). "Object-oriented collaborative course authoring environment supported by concept mapping in MyEnglishTeacher". *Journal of educational technology & society*, v. 4, n. 2, pp. 104-115. <http://dx.doi.org/10.2307/jeductechsoci.4.2.104>

Crowe, David A.; Averbeck, Bruno B.; Chafee, Matthew V.; Anderson, John H.; Georgopoulos, Apostolos P. (2000). "Mental maze solving". *Journal of cognitive neuroscience*, v. 12, n. 5, pp. 813-827. <http://dx.doi.org/10.1162/089892900562426>

D'Mello, Sidney; Olney, Andrew; Williams, Claire; Hays, Patrick (2012). "Gaze tutor: A gaze-reactive intelligent tutoring system". *International journal of human-computer studies*, v. 70, n. 5, pp. 377-398. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhcs.2012.01.004>

Daley, Barbara J.; Shaw, Christine R.; Balistrieri, Toni; Glasenapp, Kate; Piacentine, Linda (1999). "Concept maps: a strategy to teach and evaluate critical thinking". *The journal of nursing education*, v. 38, n. 1, pp. 42-47. <http://jcnrstt.wikispaces.com/file/view/Concept+Maps.pdf>

Dansereau, Donald F. (2005). "Node-link mapping principles for visualizing knowledge and information". *LNCS*, v. 3426, pp. 61-81. http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F11510154_4

Dansereau, Donald F.; Moreland, Jeremy L.; Chmielewski, Todd L. (1997). "Recall of descriptive information: the roles of presentation format, annotation strategy, and individual differences". *Contemporary educational psychology*, v. 22, n. 4, pp. 521-33. <http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1997.0950>

Davies, Martin (2011). "Concept mapping, mind mapping and argument mapping: What are the differences and do they matter?". *Higher education*, v. 62, n. 3, pp. 279-301. <http://dx.doi.org/10.1007/s10734-010-9387-6>

DiCecco, Vonnice M.; Gleason, Mary M. (2008). "Using graphic organizers to attain relational knowledge from expository text". *Journal of learning disabilities*, v. 35, n. 4, pp. 306-320. <http://dx.doi.org/10.1177/00222194020350040201>

Dogusoy-Taylan, Berrin (2010). "Experts' & novices' concept map formation process: an eye-tracking study". In: *Fifth Doctoral Consortium at the European conference on technology enhanced learning*, pp. 25-30. <http://ceur-ws.org/Vol-709/dc-ectel2010.pdf#page=30>

Dogusoy-Taylan, Berrin (2012). "Cognitive analysis of experts' and novices' concept mapping processes". Thesis of Computer Education and Instructional Technology Department, Middle East Technical University. <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12614483/index.pdf>

Dogusoy-Taylan, Berrin; Cagiltay, Kursat (2014). "Cognitive analysis of experts' and novices' concept mapping processes: An eye tracking study". *Computers in human behavior*, v. 36, pp. 82-93. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.03.036>

Duchowski, Andrew (2003). *Eye tracking methodology: Theory and practice*. London: Springer. ISBN: 978 1 84628 609 4

Edmondson, Katherine M. (2000). "Assessing science understanding through concept maps". In: *Assessing science understanding: A human constructivist view*, pp. 15-40. San Diego: Academic Press. ISBN: 9780124983656

Epelboim, Julie; Suppes, Patrick (2001). "A model of eye movements and visual working memory during problem solving in geometry". *Vision research*, v. 41, n. 12, pp. 1561-1574. [http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989\(00\)00256-X](http://dx.doi.org/10.1016/S0042-6989(00)00256-X)

Eppler, Martin J. (2006). "A comparison between concept maps, mind maps, conceptual diagrams, and visual metaphors as complementary tools for knowledge construction and sharing". *Information visualization*, v. 5, n. 3, pp. 202-210. <http://dx.doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500131>

Esiobu, Gladys O; Soyibo, Kola (1995). "Effects of concept and vee mappings under three learning modes on students' cognitive achievement in ecology and genetics". *Journal of research in science teaching*, v. 32, n. 9, pp. 971-995. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660320908>

Estes, Thomas H.; Mills, Daniel C.; Barron, Richard F. (1969). "Three methods of introducing students to a reading-learning task in two content subjects". In: Herber, Harold L.; Sanders, Peter L. (eds). *Research in reading in the content areas: First year report*, pp. 44-47. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED037305.pdf#page=45>

Findlay, John M.; Gilchrist, Iain D. (2003). *Active vision: The psychology of looking and seeing*, Oxford: Oxford University Press. ISBN: 9780198524793

Frenck-Mestre, Cheryl; Pynte, Joel (1997). "Syntactic ambiguity resolution while reading in second and native languages". *Quarterly journal of experimental psychology*, v. 50A, n. 1, pp. 119-148. <http://dx.doi.org/10.1080/027249897392251>

Ghoniem, Mohammad; Fekete, Jean-Daniel; Castagliola, Philippe (2004). "A comparison of the readability of graphs using node-link and matrix-based representations". *IEEE Symposium on information visualization*, pp. 17-24. <http://dx.doi.org/10.1109/INFVIS.2004.1>

Ghoniem, Mohammad; Fekete, Jean-Daniel; Castagliola, Philippe (2005). "On the readability of graphs using node-link and matrix-based representations: a controlled experiment and statistical analysis". *Information visualization*, v. 4, n. 2, pp. 114-135.

<http://dx.doi.org/10.1057/palgrave.ivs.9500092>

Grant, Elizabeth R.; Spivey, Michael J. (2003). "Eye movements and problem solving". *Psychological science - Cambridge*, v. 14, n. 5, pp. 462-466.

<http://miwalab.cog.human.nagoya-u.ac.jp/database/paper/2011-02-17.pdf>

Hall, Richard H.; O'Donnell, Angela (1996). "Cognitive and affective outcomes of learning from knowledge maps". *Contemporary educational psychology*, v. 21, n. 1, pp. 94-101.

<http://dx.doi.org/10.1006/ceps.1996.0008>

Haspelmath, Martin (2000). "The geometry of grammatical meaning: Semantic maps and cross-linguistic comparison". *The new psychology of language*, v. II, n. 1976, pp. 1-30.

<http://wwwstaff.eva.mpg.de/~haspelmt/SemMaps.pdf>

Haugwitz, Marion; Nesbit, John C.; Sandmann, Angela (2010). "Cognitive ability and the instructional efficacy of collaborative concept mapping". *Learning and individual differences*, v. 20, n. 5, pp. 536-543.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2010.04.004>

Hay, David B. (2007). "Using concept maps to measure deep, surface and non-learning outcomes". *Studies in higher education*, v. 32, n. 1, pp. 39-57.

<http://dx.doi.org/10.1080/03075070601099432>

Hegarty, Mary; Just, Marcel-Adam (1993). "Constructing mental models of machines from text and diagrams". *Journal of memory and language*, v. 32, n. 6, pp. 717-742.

<http://dx.doi.org/10.1006/jmla.1993.1036>

Henry, Nathalie; Fekete, Jean-Daniel; McGuffin, Michael J. (2007). "NodeTrix: A hybrid visualization of social networks". *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, v. 13, n. 6, pp. 1302-1309.

<http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2007.70582>

Holmqvist, Kenneth; Nyström, Marcus; Andersson, Richard; Dewhurst, Richard; Jarodzka, Halszka; Van-de-Weijer, Joost (2011). *Eye tracking: A comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press. ISBN: 9780199697083

Holten, Danny; Van-Wijk, Jarke J. (2009). "Force-directed edge bundling for graph visualization". *Computer graphics forum*, v. 28, n. 3, pp. 983-990.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8659.2009.01450.x>

Horton, Phillip B.; McConney, Andrew A.; Gallo, Michael; Woods, Amanda L.; Senn, Gary J.; Hamelin, Denis (1993). "An investigation of the effectiveness of concept mapping as an instructional tool". *Science education*, v. 77, n. 1, pp. 95-111.

<http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730770107>

Hyönä, Jukka (2010). "The use of eye movements in the study of multimedia learning". *Learning and instruction*, v. 20, n. 2, pp. 172-176.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.013>

Jiang, Xiangying; Grabe, William (2007). "Graphic organizers in reading instruction: Research findings and issues". *Reading in a foreign language*, v. 19, n. 1, pp. 34-55.

<http://nflrc.hawaii.edu/rfl/April2007/jiang/jiang.pdf>

Jianu, Radu; Rusu, Adrian; Hu, Yifan; Taggart, Douglas (2014). "How to display group information on node-link diagrams: An evaluation". *IEEE Transactions on visualization and computer graphics*, v. 20, n. 11, pp. 1530-1541.

<http://dx.doi.org/10.1109/TVCG.2014.2315995>

Just, Marcel A.; Carpenter, Patricia A. (1980). "A theory of reading: From eye fixations to comprehension". *Psychological review*, v. 87, n. 4, pp. 329-354.

<http://dx.doi.org/10.1037/0033-295X.87.4.329>

Karpicke, Jeffrey D.; Blunt, Janell R. (2011). "Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping". *Science (New York)*, v. 331, n. 6018, pp. 772-775.

<http://dx.doi.org/10.1126/science.1204035>

Kinchin, Ian M.; Hay, David B.; Adams, Alan (2000). "How a qualitative approach to concept map analysis can be used to aid learning by illustrating patterns of conceptual development". *Educational research*, v. 42, n. 1, pp. 43-57.

<http://dx.doi.org/10.1080/001318800363908>

Kulhavy, Raymond W.; Lee, J. Brandon; Caterino, Linda C. (1985). "Conjoint retention of maps and related discourse". *Contemporary educational psychology*, v. 10, n. 1, pp. 28-37.

<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0361476X85900037>

[http://dx.doi.org/10.1016/0361-476X\(85\)90003-7](http://dx.doi.org/10.1016/0361-476X(85)90003-7)

Lai, Meng-Lung; Tsai, Meng-Jung; Yang, Fang-Ying; Hsu, Chung-Yuan; Liu, Tzu-Chien; Lee, Silvia-Wen-Yu; Lee, Min-Hsien; Chiou, Guo-Li; Liang, Jyh-Chong; Tsai, Chin-Chung (2013). "A review of using eye-tracking technology in exploring learning from 2000 to 2012". *Educational research review*, v. 10, n. 88, pp. 90-115.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.edurev.2013.10.001>

Lambiotte, Judith G.; Dansereau, Donald F. (1992). "Effects of knowledge maps and prior knowledge on recall of science lecture content". *The journal of experimental education*, v. 60, n. 3, pp. 189-201.

<http://dx.doi.org/10.1080/00220973.1992.9943875>

Lambiotte, Judith G.; Dansereau, Donald F.; Cross, David R.; Reynolds, Sharon B. (1989). "Multirelational semantic maps". *Educational psychology review*, v. 1, n. 4, pp. 331-367.

<http://dx.doi.org/10.1007/BF01320098>

Leontyev, Aleksei-Nikolaevich (1972). *Activity and consciousness*, Moscow: Progress Publishers.

<https://www.marxists.org/archive/leontev/works/1977/leon1977.htm>

Lim, Kyu-Yon; Lee, Hyeon-Woo; Grabowski, Barbara (2009). "Does concept-mapping strategy work for everyone? The levels of generativity and learners' self-regulated learning skills". *British journal of educational technology*, v. 40, n. 4, pp. 606-618.

<http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00872.x>

Liu, Han-Chin; Lai, Meng-Lung; Chuang, Hsueh-Hua (2011). "Using eye-tracking technology to investigate the redundant effect of multimedia web pages on viewers' cognitive processes". *Computers in human behavior*, v. 27, n. 6, pp. 2410-2417.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2011.06.012>

Liu, Pei-Lin (2014). "Using eye tracking to understand learners' reading process through the concept-mapping learning strategy". *Computers and education*, v. 78, pp. 237-249. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2014.05.011>

Liu, Pei-Lin; Wen, Pang-Cheng; Lai, Meng-Lung; Chiu-Jung, Chen (2011). "Analyzing students' eye movements of their EFL reading with concept mapping strategy". *Procs of the 19th Intl conf on computers in education, ICCE 2011*, pp. 31-38. <http://www.nectec.or.th/icce2011/program/proceedings>

Marcos, Mari-Carmen; González-Caro, Cristina (2010). "Comportamiento de los usuarios en la página de resultados de los buscadores. Un estudio basado en eye tracking". *El profesional de la información*, v. 19, n. 4, pp. 348-358. <http://dx.doi.org/10.3145/epi.2010.jul.03>

Markham, Kimberly M.; Mintzes, Joel J.; Jones, M. Gail (1994). "The concept map as a research and evaluation tool: Further evidence of validity". *Journal of research in science teaching*, v. 31, n. 1, pp. 91-101. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660310109>

Mayer, Richard E. (1979). "Can advance organizers influence meaningful learning?". *Review of educational research*, v. 49, n. 2, pp. 371-383. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543049002371>

Mayer, Richard E. (2010). "Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics". *Learning and instruction*, v. 20, n. 2, pp. 167-171. <http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.012>

McCagg, Edward C.; Dansereau, Donald F. (1991). "A convergent paradigm for examining knowledge mapping as a learning strategy". *Journal of educational research*, v. 84, n. 6, pp. 317-324. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671.1991.9941812>

Merkley, Donna M.; Jefferies, Debra (2000). "Guidelines for implementing a graphic organizer". *The reading teacher*, v. 54, n. 4, pp. 350-357. <http://connection.ebscohost.com/c/articles/3893085/guidelines-implementing-graphic-organizer>

Milam, John H.; Santo, Susan A.; Heaton, Lisa A. (2000). "Concept maps for web-based applications". *ERIC Technical report*. <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.123.2302&rep=rep1&type=pdf>

Molinari, Gaëlle; Sangin, Mirweis; Nüssli, Marc-Antoine; Dillenbourg, Pierre (2008). "Effects of knowledge interdependence with the partner on visual and action transactivity in collaborative concept mapping". In: *8th Intl conf of the learning sciences 2008 (ICLS 2008)*, v. 2, pp. 91-98. <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1599883&dl=ACM&coll=DL&CFID=571307025&CFTOKEN=83361407>

Moore, David W.; Readence, John F. (1984). "A quantitative and qualitative review of graphic organizer research". *The journal of educational research*, v. 78, n. 1, pp. 11-17. <http://dx.doi.org/10.1080/00220671.1984.10885564>

Mu, Xiangming (2010). "Towards effective video annotation: An approach to automatically link notes with video content". *Computers & education*, v. 55, n. 4, pp. 1752-1763. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2010.07.021>

Nesbit, John C.; Adesope, Olusola O. (2005). "Dynamic concept maps". In: *EdMedia: World conf on educational media and technology*, v. 2005, n. 1, pp. 4323-4329. <http://www.editlib.org/p/20758>

Nesbit, John C.; Adesope, Olusola O. (2006). "Learning with concept and knowledge maps: A meta-analysis". *Review of educational research*, v. 76, n. 3, pp. 413-448. <http://dx.doi.org/10.3102/00346543076003413>

Nesbit, John C.; Adesope, Olusola O. (2011). "Learning from animated concept maps with concurrent audio narration". *Journal of experimental education*, v. 79, n. 2, pp. 209-230. <http://dx.doi.org/10.1080/00220970903292918>

Nesbit, John C.; Adesope, Olusola O. (2013). "Concept maps for learning". In: Gregory Schraw; Matthew T. McCrudden; Daniel Robinson (eds.). *Learning through visual displays*. Charlotte, NC: Information Age Publishing, pp. 303-328. ISBN: 9781623962333

Nesbit, John C.; Larios, Hector; Adesope, Olusola O. (2007). "How students read concept maps: a study of eye movements". In: C. Montgomerie; J. Seale (eds.). *Proceedings of EdMedia: World conf on educational media and technology*, pp. 3961-3970. Association for the Advancement of Computing in Education (AACE). <http://www.aace.org/conf/edmedia>
<http://www.editlib.org/p/25950>

Novak, Joseph D. (1990a). "Concept mapping: A useful tool for science education". *Journal of research in science teaching*, v. 27, n. 10, pp. 937-949. <http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660271003>

Novak, Joseph D. (1990b). "Concept maps and vee diagrams: two metacognitive tools to facilitate meaningful learning". *Instructional science*, v. 19, n. 1, pp. 29-52. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00377984>

Novak, Joseph D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps(R) as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates. ISBN: 0 8058 2626 2

Novak, Joseph D.; Cañas, Alberto J. (2006). "La teoría subyacente a los mapas conceptuales y cómo construirlos". <http://cmap.ihmc.us>
<http://www.cs.northwestern.edu/~paritosh/papers/sketch-to-models/Novak-Canas-TheoryUnderlyingConceptMapsHQ.pdf>

Novak, Joseph D.; Gowin, D. B. (1984). *Learning how to learn*. Cambridge: Cambridge University Press. ISBN: 0521319269

O'Donnell, Angela M.; Dansereau, Donald F.; Hall, Richard H. (2002). "Knowledge maps as scaffolds for cognitive processing". *Educational psychology review*. <http://dx.doi.org/10.1023/A:1013132527007>

- Okebukola, Peter-Akinsola; Olugbemiro, J. Jegede** (1988). "Cognitive preference and learning mode as determinants of meaningful learning through concept mapping". *Science education*, v. 72, n. 4, pp. 489-500.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730720408>
- Ozcelik, Erol; Arslan-Ari, Ismahan; Cagiltay, Kursat** (2010). "Why does signaling enhance multimedia learning? Evidence from eye movements". *Computers in human behavior*, v. 26, n. 1, pp. 110-117.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2009.09.001>
- Ozcelik, Erol; Karakus, Turkan; Kursun, Engin; Cagiltay, Kursat** (2009). "An eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning". *Computers & education*, v. 53, n. 2, pp. 445-453.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.03.002>
- Paivio, Allan** (1986). *Mental representations*. New York: Oxford University Press. ISBN: 0195362004
- Paivio, Allan** (1991). "Dual coding theory: retrospect and current status". *Canadian journal of psychology*, v. 45, n. 3, pp. 255-287.
<http://dx.doi.org/10.1037/h0084295>
- Patterson, Michael E.; Dansereau, Donald F.; Wiegmann, Douglas A.** (1993). "Receiving information during a cooperative episode: Effects of communication aids and verbal ability". *Learning and individual differences*, v. 5, n. 1, pp. 1-11.
[http://dx.doi.org/10.1016/1041-6080\(93\)90022-K](http://dx.doi.org/10.1016/1041-6080(93)90022-K)
- Pearsall, N. Renee; Skipper, Joel J.; Mintzes, Joel J.** (1997). "Knowledge restructuring in the life sciences: A longitudinal study of conceptual change in biology". *Science education*, v. 81, n.2, pp. 193-215.
<http://goo.gl/S8MijH>
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(199704\)81:2<193::AID-SCE5>3.0.CO;2-A](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(199704)81:2<193::AID-SCE5>3.0.CO;2-A)
- Ponce, Hector R.; Mayer, Richard E.** (2014a). "An eye movement analysis of highlighting and graphic organizer study aids for learning from expository text". *Computers in human behavior*, v. 41, pp. 21-32.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.010>
- Ponce, Hector R.; Mayer, Richard E.** (2014b). "Qualitatively different cognitive processing during online reading primed by different study activities". *Computers in human behavior*, v. 30, pp. 121-130.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.chb.2013.07.054>
- Pradhan, Anuj K.; Divekar, Gautam; Masserang, Kathleen; Romoser, Matthew R. E.; Zafian, Tracy; Blomberg, Richard D.; Thomas, F. Dennis; Reagan, Ian; Knodler, M; Pollatsek, Alexander; Fisher, Donald L.** (2011). "The effects of focused attention training on the duration of novice drivers' glances inside the vehicle". *Ergonomics*, v. 54, n. 10, pp. 917-931.
<http://dx.doi.org/10.1080/00140139.2011.607245>
- Quillian, M. Ross** (1967). "Word concepts: a theory and simulation of some basic semantic capabilities". *Behavioral science*, v. 12, n. 5, pp. 410-430.
<http://dx.doi.org/10.1002/bs.3830120511>
- Rayner, Keith** (1998). "Eye movements in reading and information processing: 20 years of research". *Psychological bulletin*, v. 124, n. 3, pp. 372-422.
<http://dx.doi.org/10.1037/0033-2909.124.3.372>
- Rayner, Keith; Chace, Kathryn H.; Slattery, Timothy J.; Ashby, Jane** (2006). "Eye movements as reflections of comprehension processes in reading". *Scientific studies of reading*, v. 10, n. 3, pp. 241-255.
http://dx.doi.org/10.1207/s1532799xssr1003_3
- Robinson, Daniel H.; Katayama, Andrew D.; Dubois, Nelson F.; Devaney, Thomas** (1998). "Interactive effects of graphic organizers and delayed review on concept application". *The journal of experimental education*, v. 67, n. 1.
<http://dx.doi.org/10.1080/00220979809598342>
- Robinson, Daniel H.; Kiewra, Kenneth A.** (1995). "Visual argument: Graphic organizers are superior to outlines in improving learning from text". *Journal of educational psychology*, v. 87, n. 3, pp. 455-467.
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.87.3.455>
- Roth, Wolff-Michael; Roychoudhury, Anita** (1992). "The social construction of scientific concepts or the concept map as conscription device and tool for social thinking in high school science". *Science education*, v. 76, n. 5, pp. 531-557.
<http://dx.doi.org/10.1002/sce.3730760507>
- Roth, Wolff-Michael; Roychoudhury, Anita** (1993). "The concept map as a tool for the collaborative construction of knowledge: A microanalysis of high school physics students". *Journal of research in science teaching*, v. 30, n. 5, pp. 503-534.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660300508>
- Rovira, Cristòfol** (2005). "El editor de mapas conceptuales DigiDocMap y la norma Topic Maps". *Hipertext.net*, v. 3.
<https://www.upf.edu/hipertextnet/numero-3/digidocmap.html>
- Rovira, Cristòfol** (2013). "La consulta de mapes conceptuals: estudi mitjançant el seguiment de la mirada". *BiD*, v. 31.
<http://www.scopus.com/inward/record.url?eid=2-s2.0-84898636325&partnerID=tZ0tx3y1>
- Rueda, Urko; Larranaga, Mikel; Arruarte, Ana; Elorriaga, Jon A.** (2003). "Dynamic visualization of student models using concept maps". In: *Artificial intelligence in education: Shaping the future of learning through intelligent technologies*, v. 97, pp. 89-96. ISBN: 978 1586033569
- Ruiz-Primo, María-Araceli; Shavelson, Richard J.** (1996). "Problems and issues in the use of concept maps in science assessment". *Journal of research in science teaching*, v. 33, n. 6, pp. 569-600.
<http://goo.gl/M6VUz9>
[http://dx.doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-2736\(199608\)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M](http://dx.doi.org/10.1002/(SICI)1098-2736(199608)33:6<569::AID-TEA1>3.0.CO;2-M)
- She, Hsiao-Ching; Chen, Yi-Zen** (2009). "The impact of multimedia effect on science learning: Evidence from eye movements". *Computers and education*, v. 53, n. 4, pp. 1297-1307.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.06.012>

- Stewart, James; Van-Kirk, Judith; Rowell, Richard** (1979). "Concept maps: A tool for use in biology teaching". *American biology teacher*, v. 41, n. 3, pp. 171-175.
<http://dx.doi.org/10.2307/4446530>
- Stoyanova, Neli; Kommers, Piet** (2002). "Concept mapping as a medium of shared cognition in computer-supported collaborative problem solving". *Journal of interactive learning research*, v. 13, n. 1, pp. 111-133.
<http://www.editlib.org/p/10783>
- Stull, Andrew T.; Mayer, Richard E.** (2007). "Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organizers". *Journal of educational psychology*, v. 99, n. 4, pp. 808-820.
<http://dx.doi.org/10.1037/0022-0663.99.4.808>
- Sturm, Janet M.; Rankin-Erickson, Joan L.** (2002). "Effects of hand-drawn and computer-generated concept mapping on the expository writing of middle school students with learning disabilities". *Learning disabilities research & practice*, v. 17, n. 2, pp. 124-139.
<http://dx.doi.org/10.1111/1540-5826.00039>
- Sweller, John** (1988). "Cognitive load during problem solving: Effects on learning". *Cognitive science*, v. 12, n. 2, pp. 257-285.
[http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](http://dx.doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Tramullas, Jesús; Sánchez-Casabón, Ana I.; Garrido-Picazo, Piedad** (2009). "Gestión de información personal con software para mapas conceptuales". *El profesional de la información*, v. 18, n. 6, pp. 601-612.
<http://dx.doi.org/10.3145/epi.2009.nov.03>
- Turns, Jennifer; Atman, Cynthia J.; Adams, Robin** (2000). "Concept maps for engineering education: A cognitively motivated tool supporting varied assessment functions". *IEEE Transactions on education*, v. 43, n. 2, pp. 164-173.
<http://dx.doi.org/10.1109/13.848069>
- Underwood, Geoffrey; Jebbett, Lorraine; Roberts, Katharine** (2004). "Inspecting pictures for information to verify a sentence: Eye movements in general encoding and in focused search". *The quarterly journal of experimental psychology. Section A: Human experimental psychology*, v. 57, n. 1, pp. 165-182.
<http://dx.doi.org/10.1080/02724980343000189>
- Van-Amelsvoort, Marije; Van-der-Meij, Jan; Anjewierden, Anjo; Van-der-Meij, Hans** (2013). "The importance of design in learning from node-link diagrams". *Instructional science*, v. 41, n. 5, pp. 833-847.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11251-012-9258-x>
- Van-Boxtel, Carla; Van-der-Linden, Jos; Roelofs, Erik; Erkens, Gijsbert** (2002). "Collaborative concept mapping: Provoking and supporting meaningful discourse". *Theory into practice*, v. 41, n. 1, pp. 40-46.
http://dx.doi.org/10.1207/s15430421tip4101_7
- Van-Der-Auwera, Johan** (2008). "In defense of classical semantic maps". *Theoretical linguistics*, v. 34, n. 1, pp. 39-46.
<http://dx.doi.org/10.1515/THLI.2008.002>
- Van-Der-Auwera, Johan; Plungian, Vladimir A.** (1998). "Modality's semantic map". *Linguistic typology*, v. 2, n. 1.
<http://dx.doi.org/10.1515/lity.1998.2.1.79>
- Van-Gog, Tamara; Scheiter, Katharina** (2010). "Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning". *Learning and instruction*, v. 20, n. 2, pp. 95-99.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.learninstruc.2009.02.009>
- Vekiri, Ioanna** (2002). "What is the value of graphical displays in learning?". *Educational psychology review*, v. 14, n. 3, pp. 261-312.
<http://dx.doi.org/10.1023/A:1016064429161>
- Wallace, David S.; West, Sylvia-Wandell-Conner; Ware, Anne; Dansereau, Donald F.** (1998). "The effect of knowledge maps that incorporate Gestalt principles on learning". *The journal of experimental education*, v. 67, n. 1, pp. 5-16.
<http://dx.doi.org/10.1080/00220979809598341>
- Wallace, Josephine D.; Mintzes, Joel J.** (1990). "The concept map as a research tool: Exploring conceptual change in biology". *Journal of research in science teaching*, v. 27, n. 10, pp. 1033-1052.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660271010>
- Waller, Robert** (1981). "Understanding network diagrams". In: *Annual Meeting of the American Educational Research Association*.
- Ware, Colin; Gilman, Anne T.; Bobrow, Robert J.** (2008). "Visual thinking with an interactive diagram". In: *Diagrammatic representation and inference. 5th Intl conf., Diagrams 2008*, pp. 118-126.
http://dx.doi.org/10.1007/978-3-540-87730-1_13
- Wiebe, Eric N.; Minogue, James; Jones, M. Gail; Cowley, Jennifer; Krebs, Denise** (2009). "Haptic feedback and students' learning about levers: Unraveling the effect of simulated touch". *Computers & education*, v. 53, n. 3, pp. 667-676.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.compedu.2009.04.004>
- Wiegmann, Douglas; Dansereau, Donald F.; McCagg, Edward C.; Rewey, Kirsten L.; Pitre, Urvashi** (1992). "Effects of knowledge map characteristics on information processing". *Contemporary educational psychology*, v. 17, n. 2, pp. 136-155.
[http://dx.doi.org/10.1016/0361-476X\(92\)90055-4](http://dx.doi.org/10.1016/0361-476X(92)90055-4)
- Willerman, Marvin; Mac-Harg, Richard A.** (1991). "The concept map as an advance organizer". *Journal of research in science teaching*, v. 28, n. 8, pp. 705-711.
<http://dx.doi.org/10.1002/tea.3660280807>
- Winn, William** (1991). "Learning from maps and diagrams". *Educational psychology review*, v. 3, n. 3, pp. 211-247.
<http://dx.doi.org/10.1007/BF01320077>

ANÁLISIS DE LA PRODUCCIÓN Y DE LA VISIBILIDAD CIENTÍFICA DE ECUADOR EN EL CONTEXTO ANDINO (2000-2013)

Analysis of production and scientific visibility of Ecuador in the Andean context (2000-2013)

Patricio Álvarez-Muñoz y Mario Pérez-Montoro



Patricio Álvarez-Muñoz es economista por la *Escuela Superior Politécnica del Litoral* en Ecuador y posgraduado en administración de empresas por la *Universidad Tecnológica Empresarial de Guayaquil* en Ecuador y ha realizado estancias de investigación en diversas universidades españolas. Es profesor de la *Facultad de Ciencias Administrativas* de la *Universidad Estatal de Milagro* en las materias de microeconomía y estadística. Cursa el *Doctorado de Información y Documentación en la Sociedad del Conocimiento* de la *Universidad de Barcelona* e investiga sobre modelos de negocio en la distribución de información científica.
<http://orcid.org/0000-0002-9754-8050>

Universidad Estatal de Milagro
Ciudadela Universitaria, Km. 1.5 vía Milagro Km. 26. Milagro, Ecuador
palvarezm@unemi.edu.ec



Mario Pérez-Montoro es doctor en filosofía y ciencias de la educación por la *Universidad de Barcelona* y posgraduado en organización de sistemas de documentación por la *Universidad Politécnica de Cataluña*. Ha realizado estudios de posgrado en el *Istituto di Discipline della Comunicazione* de la *Università di Bologna* (Italia), y ha sido profesor visitante del *CSLI (Center for the Study of Language and Information)* de la *Stanford University* (California, EUA) y de la *School of Information* de la *UC Berkeley* (California, EUA). Investiga sobre arquitectura y visualización de la información. Ha publicado los libros *Arquitectura de la información en entornos web* (Trea, 2010), *The phenomenon of information* (Scarecrow Press, 2007) y *Gestión del conocimiento en las organizaciones* (Trea, 2008), entre otros. Es profesor de la *Facultad de Biblioteconomía y Documentación* de la *Universidad de Barcelona*.
<http://orcid.org/0000-0003-2426-8119>

Universitat de Barcelona, Facultat de Biblioteconomia i Documentació
Melcior de Palau, 140. 08034 Barcelona, España
perez-montoro@ub.edu

Resumen

Se realiza un análisis cuantitativo de la producción científica del Ecuador en el contexto andino durante el período 2000-2013, tomando en consideración los datos suministrados por el *SCImago journal & country rank (SJR)*. A partir de esta información hemos identificado los indicadores de producción absoluta y de tasa de crecimiento; para la visibilidad, identificamos los indicadores de citación absoluta, citas por documentos y de colaboración internacional. Resultados: 1) se constata un crecimiento interanual positivo de la producción científica; 2) la mitad de la producción se adscribe a las áreas de agricultura y medicina, mostrándose como las principales áreas del desarrollo científico nacional; 3) el área más productiva, agricultura, también es la más citada.

Palabras clave

Producción científica; Bases de datos; Educación superior; Evaluación de la investigación; Colaboración internacional; *SJR*; Ecuador; Colombia; Perú; América Latina.

Abstract

A quantitative analysis of the scientific production of Ecuador in the Andean context is provided for 2000-2013, using data provided by the *SCImago journal & country rank (SJR)*. We identified the indicators of absolute production and growth rate, and used three indicators to evaluate visibility: absolute citation, cites per document and international collaboration. We concluded that 1) Ecuador enjoyed positive growth in scientific production during the study period, except in 2010