

Comprensión de Textos Expositivos en Presentaciones Multimedia: Efectos de Sobrecarga
Cognitiva como Consecuencia de la Inclusión de Gráficos durante la Lectura

Datos personales de los autores y breve reseña curricular:

Autores: Saux, G. *, Burin, D. I. ** e Irrazabal, N. ***

Breve reseña curricular:

* Dr. en Psicología (Universidad de Buenos Aires). Becario postdoctoral CONICET, Instituto de Investigaciones, Fac. Psicología, UBA.

** Dra. en Psicología (Universidad de Salamanca). Investigadora CONICET, Instituto de Investigaciones, Fac. Psicología, UBA.

*** Dra. en Psicología (Universidad de Buenos Aires). Investigadora CONICET, Centro de Investigaciones Psicológicas y Psicopedagógicas, Universidad Católica Argentina.

Dirección postal y electrónica de contacto:

Gastón Saux

Azcuénaga 942, 3ero "2" - CABA, Argentina.

Teléfono: 4964-2634

Correo electrónico: gsaux@psi.uba.ar

Comprensión de Textos Expositivos en Presentaciones Multimedia: Efectos de Sobrecarga Cognitiva como Consecuencia de la Inclusión de Gráficos durante la Lectura

Resumen

La Teoría Cognitiva de Aprendizaje Multimedia (TCAM, Mayer, 2001) propone que características de diseño de las presentaciones multimedia sobrecargan distintos aspectos del funcionamiento cognitivo, en particular en tareas que implican alta demanda de procesamiento. Este estudio se propuso: (a) comparar la comprensión de textos expositivos de contenidos poco familiares en presentaciones multimedia con y sin sobrecarga cognitiva; y (b) comparar el efecto de distintos escenarios de sobrecarga sobre el mantenimiento representacional e integración a corto plazo de la información textual. Los participantes (n=42) leyeron textos expositivos acompañados de gráficos en una condición Sin Sobrecarga, o en dos formatos de presentación asociados a sobrecargas específicas sobre el mantenimiento y la integración de la información (condiciones de Gráfico Incoherente y Gráfico Desfasado, respectivamente). Se midieron los tiempos de lectura de oraciones críticas incluidas en cada texto y las respuestas a preguntas sobre los contenidos textuales. Se hallaron diferencias en los tiempos de lectura entre las condiciones con y sin sobrecarga, pero no entre las respuestas a preguntas, ni entre los tiempos de lectura de las condiciones con sobrecarga. Estos datos son consistentes con la hipótesis de sobrecarga, pero inconsistentes con el planteo de la TCAM de sobrecargas específicas sobre el funcionamiento cognitivo.

Palabras clave: texto expositivo – comprensión – multimedia – sobrecarga cognitiva

Expository Texts Comprehension in Multimedia Presentations: Cognitive Overload Effects as a Result of Including Graphics during Reading

Summary

Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML, Mayer, 2001) argues that design features in multimedia presentations can selectively overload different aspects of cognitive processing, particularly in cognitive highly demanding tasks. This study aimed to: (a) compare the comprehension of expository texts presenting unfamiliar information in multimedia presentations associated or not with cognitive overload; and (b) compare the effect of different overload scenarios on short term representational holding and integration of information. Participants read expository texts with conceptual graphics. Graphics were presented either without extrinsic overload (Non-overload condition), or in two presentation formats associated with specific overloads on integration and representational holding of information (Incoherent Graphic and Non-synchronized Graphic conditions, respectively). Reading times for target sentences included in each text and answers to offline questions were collected. Data analysis showed a significant difference between conditions with and without overload on reading times, but not on the answer to questions. No differences were found for reading times between the overload conditions. These data are consistent with an overload hypothesis, but inconsistent with TCAM's idea of specific overloads on cognitive processes.

Keywords: expository text – comprehension – multimedia – cognitive overload

Comprensión de Textos Expositivos en Presentaciones Multimedia: Efectos de Sobrecarga Cognitiva como Consecuencia de la Inclusión de Gráficos durante la Lectura

La exposición es el tipo textual que suelen adoptar las explicaciones científicas. Dado que la comunicabilidad es uno de los aspectos fundamentales en la transmisión de las ciencias, el estudio de los procesos mentales que intervienen en la comprensión del texto expositivo reviste un especial interés para los ámbitos académicos y educacionales. Dentro de las investigaciones sobre el texto expositivo, es cada vez mayor el número de estudios abocados a examinar materiales científicos que son presentados en múltiples formatos, por ejemplo, en forma de textos con imágenes en pantalla, animaciones o videos. Si bien el uso de ayudas externas no verbales o parcialmente basadas en el lenguaje no es nuevo, la aparición y divulgación de tecnologías asociadas a formatos mixtos de comunicación (verbal y no verbal) ha producido un renovado interés por el modo en que se comprenden este tipo de mensajes (Mayer, 2009a).

En este trabajo acotaremos el término multimedia sólo a las formas verbal y pictórica, siguiendo de este modo a los modelos vigentes (e.g. Mayer, 2009b, Schnotz, 2005). En particular, nos centraremos en la presentación en pantalla de mensajes verbales junto con gráficos (imágenes generadas por computadora). Un importante número de investigaciones orientadas al ámbito educacional han brindado evidencia en los últimos treinta años de que la comprensión y el aprendizaje de textos expositivos mejora cuando se presentan acompañados por imágenes asociadas a los contenidos textuales (e.g. Duchastel, 1981; Levie & Lentz, 1982; Levin, Anglin & Carney, 1987; Mayer & Gallini, 1990; Mayer & Sims, 1994). Dicho efecto ha sido llamado el “efecto facilitador de las ilustraciones” (Gyselinck & Tardieu, 1999, p. 195) o “efecto multimedia” (Mayer, 2001, p. 42).

Inicialmente hubo poca integración teórica de los datos obtenidos, por lo que los hallazgos no fueron necesariamente enmarcados en modelos explicativos del procesamiento coordinado de imágenes y texto. Como proponen Gyselinck y Tardieu (1999) las investigaciones inicialmente se ocuparon por responder qué, cuándo y para quién resulta efectiva la inclusión de ilustraciones en los textos expositivos y, sólo más recientemente, por qué dicho efecto de mejoría ocurre. Originalmente, se propusieron dos hipótesis para dar cuenta del efecto facilitador de las imágenes sobre los textos: la *hipótesis de la repetición*, que explica el aumento en la comprensión por un efecto de exposición repetida al estímulo (Glenberg, 1979; Greene, 1989) y la *hipótesis de la motivación*, según la cual los textos con imágenes son más entretenidos, por lo que el lector atiende más a la información durante la comprensión (Duchatsel, 1981). Debido a problemas con el alcance explicativo de estas hipótesis iniciales (e.g. Glenberg & Langston, 1992; Harp & Mayer, 1997), la investigación se volcó eventualmente hacia la hipótesis de la *doble codificación* (Paivio, 1971, 1986; Clark & Paivio, 1991), que sostiene que texto e imágenes son codificados como dos representaciones conceptuales diferentes pero conectadas, beneficiándose así la retención. Algunos autores (Gyselinck & Tardieu, 1999; Gyselinck, Ehrlich, Cornoldi, de Veni & Dubois, 2000; Glenberg & Langston, 1992) han intentado asimismo enmarcar los estudios sobre textos ilustrados dentro de teorías más generales de la comprensión. Estos investigadores se han ocupado de analizar el efecto de las representaciones pictóricas desde la teoría de los *modelos mentales* (Johnson-Laird, 1983). En esta última línea, han surgido recientemente modelos de procesamiento multimedia, que tienen en cuenta tanto el planteo de un doble sistema de representación para la información verbal y no-verbal, como la construcción de representaciones referenciales del texto sobre la base de estas distintas fuentes (para una revisión, se sugiere ver Perales & Romero,

2005). Dentro de estas propuestas, destaca la *Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia* (TCAM, Mayer, 2001, 2005, 2009b). Dicha teoría se ha abocado en los últimos años a intentar establecer las condiciones de procesamiento que restringen o potencian la efectividad del mensaje multimedia, tales como el rol de la carga cognitiva, o la experticia en un tema durante la presentación de textos expositivos ilustrados y animados.

La Teoría Cognitiva de Aprendizaje Multimedia

La TCAM de R. Mayer (2001, 2005, 2009b) es el resultado de sus investigaciones durante las últimas dos décadas y la integración de diversas propuestas teóricas acerca del funcionamiento del sistema cognitivo. En líneas generales, la teoría se basa en tres supuestos básicos y en la descripción de tres sistemas de memoria y cinco procesos cognitivos, siendo uno de sus objetivos principales establecer principios relevantes para el diseño de materiales multimedia en los contextos educacionales.

El primer supuesto básico de la teoría es que el procesamiento de la información se da por dos canales distintos: uno para el material presentado en formato auditivo/verbal y otro para el material presentado en formato visual/pictórico (Mayer, 2001). Esta primera asunción se corresponde con la teoría de la codificación dual de Paivio (1986; Clark & Paivio, 1991), así como con el modelo de memoria de trabajo (MT) de Baddeley (1986). La distinción de los códigos de procesamiento se basa, en primera instancia, en la modalidad sensorial de entrada: información presentada por vía visual (e.g. gráfico, video o texto en la pantalla) o por vía auditiva (e.g. texto oído, sonidos, etc.). Una vez procesada, la información pasa a representarse en formato verbal o pictórico. Mayer (2005) propone que hay dos maneras de concebir las diferencias entre los dos canales: basándose en el modo de presentación

(verbal vs. no-verbal) o basándose en la modalidad sensorial de entrada (visual vs. auditiva). La TCAM asume un compromiso entre ambas concepciones y plantea una diferenciación de los canales inicialmente por modalidad sensorial para luego, en la MT, proponer una diferenciación por códigos: verbal y no-verbal. Sin embargo, Mayer (2005) acepta que se requiere más investigación para poder “esclarecer la naturaleza de los dos canales” (p. 34). El segundo supuesto de la teoría es que estos canales presentan limitaciones en la cantidad de información que pueden retener y en el procesamiento que puede ocurrir en un determinado momento (Mayer, 2001). Esta segunda asunción también se corresponde con el modelo de MT de Baddeley. El supuesto de capacidad limitada es importante puesto que conlleva el riesgo de sobrecarga cognitiva, concomitante al procesamiento conjunto de información en múltiples formatos (Sweller, 2005). El tercer supuesto de la teoría es que la comprensión y aprendizaje efectivo de la información dependen de que quien comprende se implique en un procesamiento activo del mensaje. Dichos procesos activos incluyen asignar recursos atencionales a la información relevante, organizar mentalmente la información en estructuras coherentes y conectarlas entre sí, así como con el conocimiento previo.

Respecto a los sistemas de memoria y procesos cognitivos implicados, la TCAM reconoce la participación de la Memoria sensorial, la MT y la Memoria de Largo Plazo (MLP) y la realización de cinco procesos: la selección de palabras relevantes para su procesamiento en la MT verbal, la selección de imágenes relevantes para su procesamiento en la MT visoespacial, la organización de las palabras seleccionadas en una representación semántica (un modelo) verbal, la organización de imágenes seleccionadas en una representación semántica (un modelo) visual y la integración de las representaciones verbal y visual entre

sí, así como con el conocimiento previo almacenado en la MLP (Mayer, 2005). La Figura 1 presenta la propuesta de la TCAM.

[INSERTAR FIGURA 1 APROX. AQUÍ]

Carga cognitiva y presentaciones multimedia

El concepto de carga cognitiva refiere a la habilidad para procesar información, dadas un conjunto de demandas de procesamiento dentro del espacio de la MT (Cook, Zheng & Blaz, 2009). A mayor complejidad de la tarea, mayor la demanda de recursos de la MT, incrementándose la carga cognitiva concomitante. La sobrecarga cognitiva ocurriría cuando la demanda de la actividad excede los recursos disponibles.

El efecto de mejoría en la comprensión y el aprendizaje obtenido de la presentación conjunta de textos y gráficos ha sido explicado en parte porque las presentaciones multimedia resultan en la reducción de carga cognitiva (Mayer & Moreno, 2003). Sin embargo, hay consenso entre los investigadores acerca de que el formato multimedia, cuando su diseño y presentación no se ajustan a las características cognitivas de quien comprende, puede asimismo dificultar la comprensión y el aprendizaje por incremento de la carga de procesamiento (Kalyuga, 2009). Mayer y Moreno (2003) describieron varias situaciones en las que el aprendizaje multimedia puede causar sobrecarga cognitiva.

Asimismo, propusieron que la sobrecarga total se compone de un componente intrínseco (inherente a la tarea de comprensión) y otro extrínseco (asociado a características de diseño de la presentación). Interesan para este trabajo sólo los casos de sobrecarga extrínseca,

puesto que son éstas las que dependen del diseño de la presentación y, por ende, pueden ser más fácilmente manipuladas por el que organiza, planifica y provee los materiales.

Dentro de los casos de sobrecarga extrínseca, el primer escenario identificado por Mayer y Moreno (2003) refiere a los casos en que el procesamiento se ve sobrecargado por una mala organización o señalización entre los elementos de la ilustración. Cuando esto ocurre, la sobrecarga recaería sobre los procesos de selección y organización del modelo visual, asociados a las funciones operativo/atencionales. Los autores proponen dos medios para reducir este tipo de sobrecarga: la señalización a través de claves (e.g. sobresaltado de palabras clave, títulos, indicación con flechas, agregado de mapas de navegación) y la eliminación de detalles irrelevantes. Un segundo tipo de sobrecarga extrínseca es aquella causada por un desfase en la distribución espacial de la información verbal y la información gráfica en la página o pantalla. Mayer y Moreno entienden por una distribución desfasada los casos en que texto e imagen aparecen en la misma página o pantalla, pero distantes entre sí. En estos casos, la sobrecarga resulta de la suma de la carga provocada por la dificultad inherente de la tarea (e.g. la complejidad del tema presentado) junto con la carga que supone explorar visualmente la página o la pantalla. La estrategia para reducir esta sobrecarga consiste en colocar las imágenes próximas o junto al texto. El supuesto es que la proximidad espacial permite un direccionamiento más efectivo del foco atencional (Mayer, 2005). Finalmente, el tercer tipo de sobrecarga extrínseca refiere a los casos en que, además del procesamiento inherente a la tarea, se hace necesario mantener información de modo temporario en la MT para poder integrarla con nueva información. Esta situación ocurre cuando los gráficos son presentados antes o después del texto. En estos casos, el medio para reducir la sobrecarga es la presentación simultánea de las modalidades verbal y pictórica de la presentación. La Tabla 1 presenta los tipos de

sobrecarga extrínseca y el componente de la comprensión afectado, de acuerdo con Mayer y Moreno (2003).

[INSERTAR TABLA 1 APROX. AQUÍ]

En suma, la TCAM propone que el aumento de la carga cognitiva asociada al diseño de la presentación multimedia predice resultados no siempre favorables. Cuando la tarea de comprensión supone una alta carga cognitiva intrínseca (como en la comprensión de textos expositivos de contenidos poco familiares), la adición de carga cognitiva extrínseca causada por el diseño deficiente de las representaciones no verbales podría llevar a una falta de recursos durante el procesamiento, debido a la sobrecarga concomitante. Cabe preguntarse si una sobrecarga producida por la necesidad de mantener información en el canal no-verbal de la MT para poder integrarla con nueva información (sobrecarga por desfasaje temporal entre gráfico y texto) incide sobre la comprensión de modo similar o diferente a una sobrecarga producida por la necesidad de procesar de modo activo la correspondencia entre el gráfico y las relaciones planteadas en el texto, debido a que las señalizaciones del gráfico son pobres (sobrecarga por falta de coherencia en el gráfico). Debe tenerse en cuenta que las capacidades de mantenimiento y procesamiento activo son atribuidas a diferentes sub-almacenes de la MT (Baddeley, 1986). De encontrar una diferencia entre estas dos situaciones de sobrecarga sobre la comprensión, podría establecerse cuál de estos componentes (el retentivo o el operativo) se encuentra más exigido durante la comprensión de textos expositivos en formato multimedia.

El presente estudio se propone: (a) examinar si dos de las tres situaciones identificadas por la TCAM como factores de sobrecarga cognitiva extrínseca (gráficos incoherentes y gráficos desfasados temporalmente del texto) afectan la comprensión, en comparación con un texto acompañado de un gráfico sin sobrecarga extrínseca; y (b) examinar diferencias en la comprensión entre presentaciones gráficas de baja coherencia y presentaciones con gráficos desfasados temporalmente del texto. La comprensión será evaluada a partir de indicadores on-line (tiempos de lectura) y off-line (respuestas a preguntas). Se espera que presentaciones diseñadas para producir sobrecarga cognitiva actúen en detrimento de las mediciones de la comprensión, en comparación con una presentación sin sobrecarga extrínseca. Asimismo, se espera encontrar diferencias en las mediciones entre presentaciones asociadas a sobrecarga por baja coherencia del gráfico y a desfasajes temporales entre texto y representación pictórica, en tanto la TCAM atribuye ambos escenarios de sobrecarga a diversas causas: los procesos de integración texto-gráfico, en el primer caso y el mantenimiento temporal de las representaciones pictórica y verbal, en el segundo caso.

Método

Participantes

Participaron voluntariamente 42 estudiantes de grado de Psicología de la Universidad de Buenos Aires (Edad $M = 24.43$, $DS = 3.48$). Los participantes fueron informados verbalmente y por escrito acerca del propósito y procedimiento del experimento y prestaron su consentimiento. Una vez concluido el estudio, se les transmitieron grupalmente las hipótesis planteadas y los resultados obtenidos.

Materiales

Textos. Los materiales textuales consistieron en seis textos expositivos con explicaciones de fenómenos naturales, tales como el funcionamiento del ritmo circadiano en los adolescentes, o la aparición de plantas con flores. Los materiales fueron seleccionados de revistas de divulgación científica y fueron posteriormente adaptados por dos jueces para equiparar su longitud, estructura y complejidad, e introducir las manipulaciones experimentales.

En primer término, cada texto se diseñó siguiendo las características formales y de función típicas de los textos expositivos. Se tuvo en cuenta que los textos presentasen explicaciones causales, es decir, cumpliesen una función explicativa y no meramente descriptiva. De este modo, cada texto se confeccionó según la organización típica “problema/solución” (Meyer, 1985). El problema presenta un interrogante, entendido como un *explanandum* o explicando (lo que se quiere explicar). La solución aparece neutralizando (total o parcialmente) el problema, al presentar un *explanans* o explicante (la intelección del primero). Los antecedentes y consecuentes causales a ser integrados por la inferencia fueron incluidos dentro de la solución.

En segundo término, se estableció una organización general similar para los textos, consistente en un pasaje introductorio, un pasaje explicativo, un pasaje intermedio y cierre. Para ser presentado en una pantalla de computadora, cada texto fue segmentado en líneas. Cada línea consistió en una oración con una cláusula principal, que podía incluir una o más cláusulas subordinadas. De este modo, la organización de los textos fue la siguiente:

1. Título (1 línea)
2. Introducción del tema de exposición y presentación de una situación problema, expresada en forma de pregunta, en la última línea del pasaje (6 líneas)
3. Solución, o explicación al problema (9 líneas).

4. Oración crítica (1 línea), considerada una medida de la comprensión (ver diseño).

Dicha oración presentó un enunciado (el consecuente) incongruente con los referentes del explicante (el antecedente). En términos de la estructura general del texto, la oración crítica fue considerada parte del pasaje explicativo, o solución, pero la relación se mantuvo implícita, es decir, no se agregó un conector que indicase el vínculo de esta oración con el pasaje explicativo.

5. Cierre (2 líneas).

La longitud, complejidad, cantidad y tipo de relaciones y grado de explicitación de la información relevante de los materiales fueron controlados con el software ETAT (Vidal-Abarca et al., 2002). El grado de comprensibilidad de los materiales (bueno) y la familiaridad de la población con los temas (baja), así como su utilidad para examinar la comprensión del texto de ciencias en formato simple y multimedia fue establecida en estudios previos (e.g. Saux, Burin & Irrazabal, 2012). La Tabla 2 muestra un ejemplo del material experimental. Además, se incluyeron dos textos expositivos distractores, que fueron intercalados con los textos experimentales. Los textos distractores fueron de extensión similar a los experimentales, pero no presentaron una oración incongruente ni fueron manipulados en las diferentes condiciones.

[INSERTAR TABLA 2 APROXIMADAMENTE AQUÍ]

Representaciones pictóricas. Se utilizaron seis gráficos, uno para cada texto experimental, también utilizados en Saux et al (2012). Los gráficos utilizados se clasifican como: ilustraciones no figurativas (diagramas conceptuales), nominativas (con etiquetas verbales que identifican los elementos graficados) y connotativas (sin mención explícita a su

correspondencia con el texto). Se tuvo en cuenta que estas categorías fueran frecuentes en las ilustraciones utilizadas con fines explicativos en libros de texto científicos (Perales & Jiménez, 2002).

Cada gráfico estuvo compuesto por seis nodos (cajas con uno o dos sustantivos vinculados al contenido del texto) y cuatro flechas rectas representando la relación entre los nodos. Los gráficos se correspondieron solamente al pasaje explicativo de cada texto y fueron divididos en dos secuencias idénticas en apariencia, de tres nodos y dos flechas cada una, presentadas en líneas diferentes de la pantalla. Los contenidos del pasaje inicial, la oración crítica y las oraciones de cierre de cada texto no fueron presentados junto con gráficos en ninguna de las condiciones. Se creó también un gráfico para cada uno de los textos distractores, de apariencia similar a los gráficos experimentales. La Figura 2 muestra, a modo de ejemplo, el gráfico utilizado para el texto de la Tabla 2.

[INSERTAR FIGURA 2 APROXIMADAMENTE AQUÍ]

Diseño

Se manipuló el Tipo de Presentación del Gráfico que acompañó la lectura de cada texto. Con un diseño de medidas repetidas, los textos fueron presentados junto con gráficos en una de tres condiciones: Gráfico Sin Sobrecarga, Gráfico Incoherente y Gráfico Desfasado. En la condición Sin Sobrecarga, cada nodo y flecha fueron apareciendo en modo secuencial, de izquierda a derecha. La efectividad de la presentación gráfica en una organización secuencial, así como de su disposición espacial por encima del texto expositivo ha sido previamente establecida por la investigación (e.g. Bétrancourt & Bisseret, 1993; Mayer & Moreno, 2003). El agregado de nodos y flechas a la secuencia

gráfica ocurrió en las líneas uno, tres, cuatro, seis, siete y ocho del pasaje explicativo. Las partes del gráfico ya presentadas se mantuvieron visibles en la pantalla hasta completar la secuencia explicativa correspondiente, y luego desaparecieron.

En la condición Gráfico Incoherente, se utilizaron los mismos gráficos, pero se varió su diseño con el objeto de lograr la situación de sobrecarga por baja coherencia del gráfico. Cada diagrama fue presentado en simultáneo con el texto, por encima del mismo. Los gráficos se compusieron de los mismos elementos que los gráficos en condición Sin Sobrecarga (seis nodos y cuatro flechas), y se respetó la presentación secuencial, por lo que cada nodo apareció en correspondencia con una línea del texto, pero los elementos del gráfico se mostraron en una disposición espacial aleatoria, no linear. Las flechas fueron presentadas en el extremo medio izquierdo de la pantalla, a medida que aparecían los nodos, apuntando hacia diferentes posiciones. El propósito de esta manipulación fue mostrar toda la información gráfica, pero dispuestos en forma que no se correspondiesen claramente con el texto. Las partes del gráfico ya presentadas se mantuvieron visibles en la pantalla a medida que continuaban agregándose nuevos nodos, hasta completar la secuencia correspondiente. Se buscó de esta manera evitar la sobrecarga por mantenimiento de la información gráfica previa.

En la condición Gráfico Desfasado, los gráficos se presentaron de modo similar a la condición Sin Sobrecarga, pero texto y gráfico fueron presentados en pantallas separadas. La implementación fue de la siguiente manera: al momento de iniciar el pasaje explicativo de un texto, se interrumpió la lectura, desapareciendo toda línea de texto de la pantalla, y se presentó el gráfico. Al igual que en las condiciones de lectura, los nodos y las flechas aparecieron secuencialmente con la presión de la tecla de avance. Una vez completo, el gráfico desapareció y se continuó con la presentación del texto restante. Mayer y Moreno

(2001) demostraron que si el desfase es menor a cinco segundos, los participantes pueden salvar la sobrecarga con diferentes estrategias. Se fijó entonces una pantalla en blanco separadora de cinco segundos entre la alternancia de texto y gráfico.

Los textos de relleno también fueron presentados con gráficos, de modo de semejar el formato de presentación de los textos experimentales. La Figura 3 presenta la forma general de presentación de los gráficos para las tres condiciones experimentales.

[INSERTAR LA FIGURA 3 APROX. AQUÍ]

Las medidas de interés fueron: el tiempo de lectura de la oración crítica y la cantidad de errores en la respuesta luego de cada texto. El tiempo de lectura constituyó una medida on-line de los procesos inferenciales durante la lectura. Debido a que esta oración presentó una incongruencia semántica respecto a la explicación previa del texto, se partió del supuesto de que tiempos de lectura significativamente mayores para las oraciones incongruentes en una cierta condición experimental, en comparación con los tiempos de lectura de esas mismas oraciones incongruentes en el resto de las condiciones, indicaría que en el primer caso hay un factor experimental que afecta a la realización de inferencias. La respuesta a la pregunta luego de la lectura constituyó una medida off-line de la comprensión.

La presentación de los materiales fue contrabalanceada, rotando los textos por las cuatro condiciones experimentales. De esta manera, cada participante leyó todos los textos, en algunas de las posibles combinaciones. La presentación de los textos y la recolección de las variables dependientes se realizaron con el software E-prime v. 1.0 (Schneider, Eschman y Zuccolotto, 2002).

Procedimiento

Se realizaron sesiones individuales de una duración de 40 minutos aproximadamente. Las instrucciones pidieron leer a velocidad normal y atender a los gráficos cuando éstos apareciesen. Se utilizó la técnica de lectura autoadministrable en computadora. Los tiempos de lectura se registraron al presionar la tecla de avance para pasar de pantalla. Se incluyeron dos textos de ejemplo al comienzo de la sesión, que fueron presentados junto con sendos gráficos, uno similar a la condición Gráfico Incoherente y otro similar a la condición Gráfico Desfasado, para que los lectores se habituasen al formato de presentación de los mismos. No se permitió la revisión de líneas ya leídas o de secuencias gráficas ya vistas. Los textos ilustrados se presentaron en orden aleatorio, sucediéndose automáticamente uno a otro, hasta completar la tarea.

Resultados

La Tabla 3 presenta los estadísticos descriptivos para la medición de la oración crítica y para los errores a las preguntas en los tres niveles del Tipo de Presentación del Gráfico. En el caso de la medición de la oración crítica, se presentan los tiempos de lectura promedio (y d.s.). En el caso de los errores, se presenta la cantidad promedio de errores (y d.s.) a las preguntas posteriores a la lectura. Tres casos fueron excluidos de los análisis por presentar valores extremos en los tiempos de lectura. Se observa que, en el caso de los tiempos de lectura, la media más alta corresponde a la condición Sin Sobrecarga ($M = 7020,52\text{ms}$) y la más baja a la condición Gráfico Desfasado ($M = 6086,87\text{ms}$). En el caso de las preguntas, se observa que la tasa de aciertos fue, en general, alta.

[INSERTAR TABLA 3 APROX. AQUÍ]

En primer término, se analizó el cumplimiento del supuesto de normalidad en las tres condiciones. El test de Shapiro-Wilk indicó que las distribuciones no cumplían con dicho criterio ($p < .05$). Para poder efectuar los análisis de varianza y pareados posteriores, se decidió entonces trabajar con los valores transformados a su logaritmo natural [$Y = \ln(Y)$].

En segundo término, se analizó el efecto del Tipo de Presentación del Gráfico (Sin Sobrecarga / Gráfico Incongruente / Gráfico Desfasado) sobre los \ln de los tiempos de lectura de la oración crítica, mediante un análisis de varianza con medidas repetidas. El efecto de la Presentación del Gráfico resultó significativo [$F(2, 76) = 4.02, p = .022, \eta_p^2 = .099$]. A continuación, se llevaron a cabo análisis pareados post-hoc sobre las diferencias entre medias para establecer cuál de las tres modalidades de Presentación del Gráfico difirió significativamente de las otras. Se encontró una diferencia significativa entre las condiciones Gráfico Sin Sobrecarga y Gráfico Desfasado [$t(38) = 2.55, p = .015$] y marginalmente significativa entre las condiciones Gráfico Sin Sobrecarga y Gráfico Incongruente [$t(38) = 1.86, p = .07$]. La diferencia entre las dos situaciones de sobrecarga no resultó significativa [$t(38) = 1.11, p = n.s.$].

En segundo lugar, se analizaron las respuestas a las preguntas. Se contabilizó la cantidad de respuestas incorrectas por participante y se analizaron las diferencias por condición para la cantidad de errores. No se observó un efecto significativo del Tipo de Presentación del Gráfico sobre la respuesta de los participantes a las preguntas [$F(2, 76) = .157, p = n.s., \eta_p^2 = .004$].

Discusión

El propósito del presente estudio fue identificar y examinar características de diseño y presentación de los gráficos asociadas al aumento de sobrecarga extrínseca, que influyen sobre la comprensión de textos expositivos presentados en formato multimedia. De acuerdo con la TCAM, se esperaba que las condiciones de sobrecarga cognitiva (Gráfico Incoherente y Gráfico Desfasado) actuaran en detrimento de la comprensión. La predicción fue que ello se vería reflejado en mayores dificultades para detectar incongruencias textuales y mayor tasa de errores a preguntas en estas condiciones, en comparación con una presentación sin sobrecarga extrínseca. En consistencia con los planteos de la TCAM, los resultados obtenidos a partir del análisis de los tiempos de lectura permiten sostener esta primera hipótesis. Los tiempos de lectura significativamente más altos en la condición de Gráfico Sin Sobrecarga, en comparación con las condiciones de sobrecarga, permiten suponer que los lectores han detectado más fácilmente la incongruencia durante la lectura en la primera condición que en las dos últimas. En otros términos, se entiende que el modo en que se presenta el gráfico junto al texto es un factor relevante para la actividad inferencial on-line asociada a la comprensión del texto. Sin embargo, la ausencia de diferencias hallada en la cantidad de errores a preguntas posteriores a la lectura no resulta consistente con aquella conclusión. Debe tenerse en cuenta que las preguntas no fueron diseñadas para evaluar específicamente la incongruencia textual (tal como las medidas on-line), de modo que es posible que los tiempos de lectura y las respuestas recolectadas fuesen un reflejo de la comprensión de distintas partes del texto.

En segundo término, se esperaba encontrar diferencias entre las dos condiciones de sobrecarga, en relación con la detección de incongruencias. De acuerdo con la TCAM, las sobrecargas asociadas a gráficos poco coherentes y a desfasajes temporales entre texto y

representación pictórica son atribuibles a diversas causas: los procesos de integración texto-gráfico, en el primer caso y el mantenimiento temporal de las representaciones pictórica y verbal, en el segundo caso. Debido a que la actividad inferencial se ha asociado con la capacidad de integrar la información recibida (e.g. Kintsch, 1998; León, 2010), se supuso que la medición on-line (inferencial) sería un buen indicador de los procesos de integración. Asimismo, debido a que las preguntas off-line no examinaban la capacidad de integración del texto, sino el recuerdo de los contenidos del mismo, se asumió que la medición off-line (contenido literal) sería un buen indicador de los procesos de mantenimiento representacional de la información. La ausencia de diferencias entre las condiciones experimentales tanto en mediciones inferenciales on-line como en la cantidad de errores a las preguntas no permite sostener la hipótesis de sobrecargas específicas. Una opción alternativa es suponer que el tipo de medición utilizada no resultó indicada para captar las diferencias asociadas a los distintos escenarios de sobrecarga. Debe tenerse en cuenta que en el presente experimento se prefirió mantener un diseño de medidas repetidas en materiales expositivos de una longitud mayor a la normalmente utilizada en este tipo de estudios (Millis & Graesser, 1994). No obstante, esta decisión puede haber jugado en desmedro de la calidad informativa de las mediciones recolectadas, en tanto llevó a reducir la cantidad de mediciones por condición. La medición de la sobrecarga cognitiva con técnicas objetivas es una de las metas actuales de la TCAM (Cook, Zheng y Blaz, 2009; Mayer, 2009b). Futuras investigaciones deberán indagar con mayor profundidad en este aspecto, teniendo en cuenta la inclusión de mayor número de condiciones y la recolección de más y diversas medidas de la comprensión.

En síntesis, los resultados hallados son consistentes con la hipótesis de sobrecarga, pero inconsistentes con el planteo de la TCAM de sobrecarga selectiva sobre la MT. De acuerdo

con los datos obtenidos, los gráficos que más facilitaron la tarea de integrar inferencialmente, en una primera lectura, las explicaciones científicas fueron aquellos con una presentación diseñada para apoyar los procesos cognitivos implicados en la comprensión conjunta de imágenes y texto. Los gráficos diseñados sin tener en cuenta el funcionamiento cognitivo, fallaron en facilitar la detección de incongruencias textuales. La clave estaría entonces en la interacción de los procesos psicológicos del sujeto con las características de los materiales presentados. En este sentido, los resultados obtenidos señalan la importancia de atender a la forma en que se diseña y planea la inclusión de representaciones pictóricas en las presentaciones multimedia, puesto que ello puede impactar sobre la comprensión de los materiales textuales. Un cambio tan pequeño como colocar el gráfico en otra pantalla, o el criterio con el cual se decida señalar los componentes pictóricos, parecería ser suficiente para producir dicho impacto.

Referencias Bibliográficas

- Baddeley, A. (1986). *Working memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Bétrancourt, M. & Bisseret, A. (1993). Interaction texte-figure : effet de leur disposition spatiale relative sur l'apprentissage. En M. Baron, R. Gras & J-F. Nicaud (Eds), *Environnements interactifs d'apprentissage avec ordinateur, Troisièmes journées EIAO de Cachan* (pp 65-76), Paris : Eyrolles.
- Clark, J. M. & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149-210.

- Cook, A., Zheng, R. & Blaz, J. W. (2009). Measurement of cognitive load during multimedia learning activities. En R. Zheng (Ed.), *Cognitive effects of multimedia learning* (pp. 34-50). Hershey, PA: Information Science Reference/IGI Global Publishing.
- Duchastel, P. (1981). Illustrations in texts: a retentional role. *Programmed Learning and Educational Technology*, 18, 11-15.
- Glenberg, A. (1979). Component-levels theory of the effects of spacing of repetitions on recall and recognition. *Memory & Cognition* 7, 95-112.
- Glenberg, A. M. & Langston, W. E. (1992). Comprehension of illustrated text: Pictures help to build mental models. *Journal of Memory and Language*, 31, 129-151.
- Greene, R.L. (1989). Spacing effects in memory: Evidence for a two-process account. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 15, 371-377.
- Gyselinck, V. & Tardieu, H. (1999). The role of illustrations in text comprehension : what, when, for whom, and why ? En H. van Oostendorp & S. R. Goldman (Eds.), *The Construction of Mental Representations During Reading* (pp. 195-218). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Gyselinck, V., Ehrlich, M.F., Cornoldi, C., de Beni, R. & Dubois, V. (2000). Visuo-spatial working memory in learning from multimedia systems. *Journal of Computer Assisted Learning*, 16, 166-176.
- Harp, S. F., & Mayer, R.E. (1998). How seductive details do their damage: A theory of cognitive interest in science learning. *Journal of Educational Psychology*, 90, 414-434.
- Johnson- Laird, P. (1983). *Mental Models. Towards a Cognitive Science of Language, Inference, and Consciousness* . Cambridge: Harvard University Press.

- Kalyuga, S. (2009). *Managing cognitive load in adaptive multimedia learning*. New York: Information Science Reference.
- Kintsch, W. (1998). *Comprehension: A paradigm for cognition*. New York: Cambridge University Press.
- León, J.A. (2010). Neuroimagen de los procesos de comprensión en la lectura y el lenguaje. *Revista Nebrija de Lingüística Aplicada*, 7, 99-116.
- Levie, W. H. & Lentz, R. (1982). Effects of text illustrations: A review of research. *Educational Communication and Technology Journal*, 30, 195-232.
- Levin, J.R., Anglin, U.J. y Carney, R.N. (1987). On empirically validating functions of pictures in prose. En D. Willows. & H. Houghton (Eds.), *The psychology of illustration* (pp. 51-85). New York: Springer.
- Mayer, R. & Gallini, J. (1990). When is an illustration worth ten thousand words. *Journal of Educational Psychology*, 82, 715-726.
- Mayer, R. & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce Cognitive Load in Multimedia Learning. *Educational Psychologist*, 38, 43-52.
- Mayer, R. & Sims, V. (1994). For whom is a picture worth a thousand words? Extensions of a dual-coding theory of multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 86, 389-400.
- Mayer, R. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. (2009a). The next phase in Multimedia Learning. En S. Kalyuga (Ed.) *Managing cognitive load in adaptive multimedia learning* (pp. 10-12). New York: Information Science Reference.
- Mayer, R. (2009b). *Multimedia learning* (2a. ed). New York: Cambridge University Press.

- Mayer, R. E. (Ed). (2005). *Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. New York: Cambridge University Press.
- Meyer, B. (1985). Prose analysis: Purposes, procedures, and problems. En B.K. Britton & J. Black (Eds.), *Analyzing and understanding expository text*, (pp. 269-304). Hillsdale, New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Millis, K. & Graesser, A.C. (1994). The time-course of constructing knowledge-based inferences for scientific texts. *Journal of Memory and Language*, 33, 583-599.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and Verbal Processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Paivio, A. (1986). *Mental Representations*. New York: Oxford University Press.
- Perales, F. & Jiménez, J. (2002). Las ilustraciones en la enseñanza-aprendizaje de las ciencias. Análisis de libros de texto. *Enseñanza de las ciencias*, 20, 369-386.
- Perales, J. & Romero, J. (2005). Procesamiento conjunto de lenguaje e imágenes en contextos didácticos: Una aproximación cognitiva. *Anales de Psicología*, 21, 129-146.
- Saux, G., Burin, D.I, & Irrazabal, N. (2012). Inferencias causales durante la comprensión de textos expositivos en formato multimedia. *Perspectivas en Psicología*, 9, 160-169.
- Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. En R. Mayer (Ed.), *Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 49-69). Cambridge: Cambridge University Press.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. En *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 19–30). Cambridge: Cambridge University Press.
- Vidal-Abarca, E., Reyes, H., Gilabert, R., Calpe, J., Soria, E. & Graesser, A. (2002). ETAT: Expository Text Analysis Tool. *Behavior Research Methods, Instruments and Computers*, 34, 93-107.