

Capítulo 5

Evaluando la inclusión de elementos que afectan a la percepción en materiales multimedia dirigidos a alumnos de Educación Primaria

Óscar Navarro
Equipo de Orientación
CEIP San José de Calasanz
Ciudad Real, España
oscarnavarromartinez@gmail.com

Ana Isabel Molina
Dep. Tecnologías y Sistemas Inf
E.S. Informática de Ciudad Real
Universidad Castilla-La Mancha
Ciudad Real, España
AnaIsabel.Molina@uclm.es

Miguel Lacruz
Departamento de Pedagogía
Facultad de Educación
Universidad Castilla-La Mancha
Ciudad Real, España
Miguel.Lacruz@uclm.es

Title– Assessing the inclusion of elements that affect perception in multimedia materials aimed at primary school students

Abstract– The current educational model requires an increasing use of multimedia materials in the teaching and learning process. Therefore, it is essential to focus on the design and development of these resources. The purpose of this research was to establish a number of design guidelines to develop multimedia resources for the Primary Education stage. Three experiments were conducted in which two different formats of presentation of contents were compared. We tested which were the most appropriate settings. Eye-tracking methodology was used. Once the data collected in the three experiments is analyzed, it is concluded that a higher efficiency in learning is achieved when less complex structures are used. Distractions that do not provide relevant information to the student are to be avoided since they affect the learning process to a greater or lesser extent.

Keywords – multimedia materials; eye tracking; evaluation; design guidelines; color, redundant information

Resumen– El actual modelo educativo demanda cada vez más la utilización de medios y materiales multimedia en el proceso de enseñanza y aprendizaje de los alumnos. Por tanto será esencial enfocar la atención en el diseño y elaboración de estos recursos. El objetivo de la investigación fue proporcionar

pautas de diseño (*guidelines*) para la elaboración de recursos multimedia en la etapa de Educación Primaria. Se realizaron tres experimentos en los que fueron comparados dos formatos distintos de presentación de contenidos, para averiguar cuál era la configuración más apropiada. Se utilizó la técnica de seguimiento ocular (*eye tracking*). Una vez analizados los datos recopilados en los tres experimentos realizados, concluimos que hay una mayor eficiencia en el aprendizaje cuando son utilizadas estructuras visuales menos complejas, evitando distractores que no aportan información relevante y perjudican en mayor o menor medida el proceso de aprendizaje del alumno.

Palabras clave– materiales multimedia; eye tracking; evaluación; pautas de diseño; color; información redundante

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años estamos presenciando la gran importancia que tiene el desarrollo tecnológico en nuestro día a día. En todos los ámbitos se ha producido un gran avance tecnológico, también en Educación, donde es cada vez más necesario incorporar los recursos y materiales multimedia al proceso de enseñanza de nuestros alumnos. La utilización de elementos como las pizarras digitales, *netbooks* o internet en nuestra actividad docente exige una mejora en la elaboración de estos recursos. Estamos estos años en un periodo

de transición entre materiales educativos tradicionales (libros de texto) y la incorporación de nuevos soportes, como los libros digitales u otros materiales en formato electrónico [1].

El principal objetivo de la presente investigación es evaluar distintas configuraciones y formatos de presentación de materiales y recursos educativos multimedia. Para ello se han realizado tres experimentos para conocer la reacción, por parte de los niños, ante la inclusión de elementos distractores que pueden aparecer en una presentación multimedia. Dicha experiencia de evaluación sirve de base para la posterior definición de una serie de pautas de diseño de materiales educativos multimedia. Se realizó con anterioridad un estudio similar, pero con una muestra más pequeña [2].

Para la realización de este estudio nos hemos basado en los principios de aprendizaje multimedia de Richard Mayer [3], aunque nosotros nos referiremos al efecto de dicho aprendizaje en los niños y niñas de Educación Primaria (6 a 12 años). Evaluaremos en particular tres de los principios formulados por este autor. El Principio de la Señalización (*Signaling Principle*), el cual hace referencia a que los alumnos realizan un mejor aprendizaje cuando en los recursos educativos utilizados se añaden señales (por ejemplo, colores) que destacan los elementos más relevantes. El segundo principio considerado es el Principio de Coherencia (*Coherence Principle*), que plantea que los alumnos aprenden mejor cuando las palabras, imágenes y sonidos superfluos son excluidos de las presentaciones. Por último, el Principio de Redundancia (*Redundancy Principle*), indica que cuando se hace uso de distintos canales de información a la vez, se puede producir incremento de la carga cognitiva, lo cual no beneficia al proceso de aprendizaje. Los estudios realizados también se pueden relacionar con las Leyes de la Gestalt, en particular con el *principio de simplicidad*, que expone que los elementos tienden a percibirse del modo más simple que permitan las condiciones dadas [4].

Para la realización de los tres experimentos que se detallan en este artículo se han utilizado técnicas de seguimiento ocular (en inglés, *eye tracking*). Esta técnica hace referencia a un conjunto de tecnologías que permiten localizar el punto de atención de una persona, esto es, el área en la que

centra su mirada, en cada momento. De esta forma se puede saber en qué áreas fija más su atención, durante cuánto tiempo y qué orden sigue en su exploración visual. El dispositivo que se utiliza se denomina *eye tracker*. El *eye tracking* tiene un gran potencial de aplicación en una amplia variedad de disciplinas y áreas de estudio, desde el marketing y la publicidad hasta la investigación médica o la psicolingüística, pasando por los estudios de usabilidad [5]. En el campo educativo se han realizado menos estudios [6], aunque parece crecer el interés en esta línea de trabajo. La mayoría de investigaciones existentes se centran en las etapas de Educación Secundaria y Universitaria. En los últimos años, aunque en menor proporción, podemos encontrar trabajos realizados con alumnos de Educación Primaria e incluso de varios meses de vida [6,7,8]. Esta técnica permite registrar las *fijaciones* (puntos de estabilización de la mirada) que realiza un individuo al visualizar un contenido mostrado en una pantalla. A partir de dichas fijaciones se pueden calcular una serie de métricas que permitirán evaluar y comparar distintas configuraciones de los materiales mostrados. Para este estudio se hará uso del *número de fijaciones hasta que enfoca la mirada la primera vez* (FB) y el *tiempo hasta la primera fijación* (TFF) en una determinada zona de la pantalla (a la que llamamos *área de interés*, AOI), así como el *número total* (All-Sc) y la *proporción de fijaciones* (FC/All-Sc). Las AOIs son las partes de la pantalla que contienen la información más relevante o que, en el caso de los materiales educativos, se pretende transmitir. Para las dos primeras métricas (FB y TFF) se tendrán en cuenta para las imágenes, textos y teniendo en cuenta ambas.

Anteriormente se han realizado estudios en los que se analizaba la inclusión de información redundante en presentaciones, la cual puede distraer la atención del alumno e influir en su rendimiento académico, principalmente en el caso de estudiantes universitarios [9,10]. También encontramos algunos trabajos que valoran la inclusión de sonidos (audio) para favorecer la asimilación de contenidos por parte de los alumnos, más si cabe con edades como las consideradas en este trabajo (7 a 11 años). Asimismo, también se ha tratado la adquisición de conocimiento a través de múltiples canales, utilizando la descripción mediante archivos de audio con alumnos de edad similar [11] e incluso

la sustitución de textos escritos por otros hablados para contrastar su eficacia [12,13]. La evaluación de materiales con presencia (conjunta o separada) de textos e imágenes para mejorar el proceso de aprendizaje, también ha sido estudiada mediante técnicas de seguimiento ocular, desde estudios de Richard Mayer, con un carácter más teórico [14,15], hasta otros que corroboran dicho principios con alumnos de etapas educativas similares a los considerados en este artículo [7], posteriores [16,17], e incluso con preescolares [18]. Otro elemento disruptor puede ser el color. Según algunos autores, que estudian aspectos sobre la usabilidad, en una presentación multimedia es importante la utilización de colores que se diferencien claramente, que destaquen significativamente para poder distinguirlos por saturación, brillo y tono [4,19]. Si nos referimos a materiales educativos orientados a niños se recomienda el uso de colores primarios y cálidos [20]. Podemos encontrar otros estudios (con adultos), que emplean técnicas de seguimiento ocular, que analizan las posibilidades del uso del color para favorecer la búsqueda de información relevante en contenidos en los que se incluye texto y/o ilustraciones [21,22].

II. ESTUDIO EMPÍRICO

En el presente artículo se describe un estudio empírico que pretende analizar y valorar la presentación de contenidos multimedia en distintos formatos con alumnos de la etapa de Educación Primaria, para averiguar si se produce una mayor eficiencia en la retención de contenidos si éstos se presentan con ausencia de elementos disruptivos y distractores.

Dicha investigación se llevó a cabo en el C.P San José de Calasanz de Tomelloso (Ciudad Real). La dirección del centro y los tutores de segundo y sexto curso de Educación Primaria colaboraron en estas prácticas. Se escogieron estos dos cursos porque constituyen dos momentos evolutivos muy representativos de la Educación Primaria, con diferencias psicoevolutivas y de desarrollo muy marcadas, que no están tan delimitadas en otros niveles. Se ha evitado el primer curso de esta etapa, dado que las destrezas lingüísticas pueden presentar mucha diversidad, mientras que en segundo hay más uniformidad al respecto.

La experimentación realizada consta de tres estudios. El planteamiento metodológico

experimental es muy similar, y se describe en las siguientes subsecciones. A continuación se comentará, de forma individual, los aspectos más específicos de cada uno.

A. *Participantes*

En estos experimentos han participado 89 alumnos de Educación Primaria, 47 de segundo curso ($M = 7,55$, $SD = 0,29$) y 42 de sexto ($M = 11,72$, $SD = 0,41$). Se realizaron pruebas con anterioridad para que las presentaciones tuvieran la duración y estructura adecuada. Dadas las características evolutivas de los alumnos de segundo curso y sus dificultades para mantener la atención, fue necesario un mayor ajuste del tiempo de presentación destinada a dicho grupo de alumnos.

B. *Material educativo*

Las presentaciones mostradas a los alumnos estaban compuestas por imágenes, texto y sonido elaborados con distinto *software* (Adobe Flash CS5, PowerPoint 2007, Gimp, Sound Forge 8.0b y Tobii Studio 3.0.5.301). Distintos materiales fueron elaborados en función de las características de cada uno de los tres experimentos.

Se utilizaron el Test de Felder [23] y el Test Breve de Kaufman (K-Bit) [24] para la formación de dos grupos homogéneos. También fue aplicado un cuestionario con preguntas abiertas sobre los conocimientos previos de los alumnos. A continuación los niños observaron en la pantalla toda la presentación, y terminaron realizando una actividad con la que se pretendía conocer el nivel de asimilación de los contenidos mostrados. Dichos contenidos están enmarcados en el anexo II del Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Concretamente los contenidos pertenecen al bloque de contenidos número tres del área de Matemáticas (Geometría), en el que se hace referencia a “la identificación y descripción de las formas planas, sus elementos, así como la situación en el plano de ángulos y giros, y el reconocimiento de regularidades y simetrías” [25]. Se pueden encontrar otros estudios que han centrado su trabajo en el área de Matemáticas [1,26], incluso alguno ha utilizado expresamente figuras geométricas [21].

C. Equipamiento y espacios utilizados

Las distintas pruebas se realizaron en las clases de sexto y segundo curso, el aula de apoyo y en el aula de Informática. Para el registro de datos se utilizó un dispositivo Tobii modelo X60, que requiere un *software* específico, Tobii Studio 3.0.5.301, necesario para la calibración, el diseño de la presentación, la recogida de datos y el posterior cálculo de las distintas métricas que recopilan información sobre las fijaciones que realizan los alumnos en la pantalla.

D. Diseño experimental

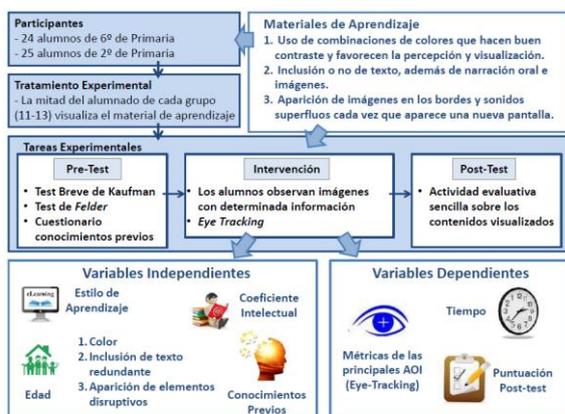


Fig. 1. Diseño del experimento 1

En la Figura 1 podemos ver el esquema seguido en las experiencias realizadas. Se realizó un proceso de muestreo, en el cual se ha utilizado el método de muestreo por cuotas” [27], dado que conocemos a los individuos de la población. Las características a partir de las cuales se realiza dicho proceso son el cociente intelectual y el estilo de aprendizaje. El primero se calculó mediante la aplicación del Test Breve de Kaufman (K-BIT). Se realizó individualmente, con una duración aproximada de quince minutos por alumno. Esta prueba permite la medida diferenciada de la inteligencia verbal y no verbal, muy útil en el ámbito clínico y escolar. Para averiguar el estilo de aprendizaje de los niños y niñas, se aplicó el Test de Felder en grupo. Las 44 preguntas fueron cumplimentadas adaptando el lenguaje a la edad de los alumnos (principalmente en segundo curso), y dando las explicaciones pertinentes en el caso de que algún alumno no comprendiera correctamente la pregunta. A partir de las dos pruebas realizadas (K-BIT y Test de Felder) fueron establecidas dos muestras homogéneas para cada uno de los cursos seleccionados (2º y 6º). El Grupo Experimental en

el que se aplican formatos con presencia de elementos distractores y el Grupo de Control con ausencia de dichos elementos. Más adelante se hace referencia a los Grupos 1 y 2 y se especifica en cada experimento si corresponden al Grupo de Control o Experimental.

Posteriormente, y ya de forma individual, los alumnos realizaron un cuestionario de conocimientos previos sobre los contenidos que iban a visualizar. Dicho cuestionario, como en otros estudios similares [7], consistió en preguntas abiertas en las que tenían que dibujar y escribir sus conocimientos sobre los contenidos que iban a estudiar a continuación. Al finalizar dicho cuestionario comenzó la fase de calibración del *eye tracker*, resultando ésta muy favorable en prácticamente todos los casos, obteniéndose medidas de calidad de muestreo superiores al 90%. Después de calibrar comenzó la presentación de contenidos en el monitor. Una vez finalizada la presentación de contenidos, los alumnos cumplimentaron el Posttest, para evaluar los conocimientos adquiridos durante la fase de observación. Las actividades propuestas tienen la misma estructura y características que las realizadas en el centro educativo, a las que están acostumbrados. Fueron dadas las indicaciones necesarias antes de presentar los materiales a los alumnos, siempre en el mismo orden, con un lenguaje y explicaciones sencillas y más claras para los alumnos de 2º, dado que su desarrollo evolutivo requiere un trato distinto que el dado a los niños y niñas de 6º curso.

En la Figura 1, comentada anteriormente, podemos ver las variables dependientes e independientes consideradas en la investigación. En los tres experimentos aparecen las mismas, excepto una, que en el primer experimento es el *color*, en el segundo la *inclusión de texto redundante* y en el tercero la *aparición de elementos disruptivos*.

II.1 Experimento 1

Esta primera práctica trata de evaluar el *uso del color* en la presentación combinada de imágenes y texto. Los alumnos del Grupo Experimental (Grupo 2) observaron una imagen en color, con combinaciones que hacen buen contraste, lo cual favorece la percepción y visualización de los contenidos por parte del alumno [4,19]. Fueron usados colores primarios y cálidos, más recomendables al crear contenidos dirigidos a

niños, frente a los tonos pastel, como los presentados para el Grupo de Control (Grupo 1) [20]. La hipótesis para este primer estudio es:

H₁: Se producirá una mayor eficiencia en la retención de contenidos si se incluye codificación con colores que hacen buen contraste.

Basándonos en la bibliografía de Richard Mayer, tendremos en cuenta el *Principio de la Señalización (Signaling Principle)* que hace referencia a la necesidad de agregar señales que resalten la organización de elementos relevantes. Plantearemos situaciones que tiendan a la sencillez y claridad para favorecer dicho aprendizaje (*principio de simplicidad Gestalt*). El bloque de contenidos al que se refieren los materiales mostrados en ambos niveles es el mismo, “*Interpretación y representación de las formas y la situación en el espacio*”. Sin embargo, dichos contenidos tienen distinta naturaleza debido que surgieron inconvenientes en la recogida de datos para el nivel de 6º de Educación Primaria y hubo que sustituir la presentación elaborada en un primer momento.

II.2 Experimento 2

Para la segunda práctica variaba la *inclusión de texto* en la presentación. En ambos casos fue incorporada una narración oral (*audio*) idéntica. Para el Grupo Experimental (Grupo 2) únicamente aparecen imágenes y narración oral. En cambio, para el Grupo de Control (Grupo 1) aparece otro elemento extra, un texto escrito que reproduce las mismas palabras que incluye la grabación de audio. La hipótesis para este experimento es:

H₂: Se producirá una mayor eficiencia en la retención de contenidos si éstos se presentan con imágenes y narración oral, en vez de imágenes, narración oral y texto escrito.

Recurriendo otra vez a la bibliografía de Richard Mayer, tendremos en cuenta el *principio de la Redundancia (Redundancy Principle)*. Según éste, la utilización de imágenes y narración oral (audio), favorecerá más el aprendizaje que si además se incluye texto escrito. Los contenidos trabajados son los mismos en ambos cursos, pero con un nivel de complejidad diferente. En 2º se usan imágenes y textos de mayor tamaño, mientras que en 6º se utilizan textos más extensos y con letra más pequeña, dado que han cursado cuatro cursos más

en la etapa de Primaria y han desarrollado más las destrezas lingüísticas.

II.3 Experimento 3

En esta práctica fue incluida como variable la aparición de elementos extraños, imágenes superfluas en el borde y sonidos cada vez que aparece la siguiente diapositiva. Para el Grupo Experimental (Grupo 2) aparecen estas imágenes superfluas, mientras que no es así para el Grupo de Control (Grupo 1). La hipótesis para este tercer experimento es:

H₃: Se producirá una mayor eficiencia en la retención de contenidos si éstos se presentan sin elementos disruptivos, en vez de aparecer con imágenes y sonidos superfluos.

Según el *principio de Coherencia (Coherence Principle)*, una presentación multimedia favorecerá el aprendizaje si se evita la aparición de elementos extraños. Igualmente, también señalaremos el *principio de simplicidad* de la Gestalt y, como en los casos anteriores, se tenderá a buscar formas simples, sin elementos disruptivos que puedan distorsionar o desviar la atención, como los sonidos o imágenes que no aportan información nueva en los bordes de la diapositiva.

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

III.1 Experimento 1

El Grupo 2, Experimental (amarillo), representa en la Figura 2 a los alumnos a los que se les muestran imágenes y texto con una combinación de colores que hacen buen contraste, frente a los del Grupo 1, de Control (verde) cuya configuración dificulta la percepción por parte del alumno. Apreciamos una clara diferencia en el tiempo empleado por los niños y niñas de segundo curso para observar la pantalla. Utilizando el valor calculado por la *t de Student* con un nivel de significación de 0,05, obtenemos un valor de $t=1,82$ ($p=0,041$) en el tiempo empleado. Por tanto podemos afirmar que para el Grupo 2 se realiza la observación en un tiempo significativamente menor. La puntuación obtenida para segundo curso en el Posttest es superior para el Grupo 2. Pero al realizar los cálculos estadísticos se obtienen valores inferiores al valor crítico, por lo que afirmamos que no se encuentran diferencias significativas. En el caso de sexto curso obtenemos datos similares. El tiempo

utilizado por el Grupo 2 es significativamente menor, con un valor de $t=1,81$ ($p=0,039$). Los resultados del Posttest son prácticamente idénticos y no se aprecian diferencias significativas como sucedía en el caso anterior.

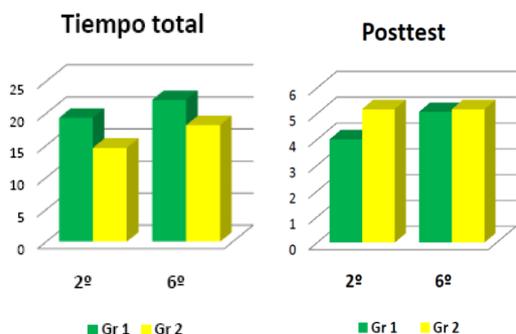


Fig. 2. Posttest y Tiempo Total. Experimento 1

Respecto a las métricas proporcionadas por el *eye tracker*, en segundo curso no hay diferencias significativas en la mayoría de las métricas. Se obtienen resultados similares en las fijaciones antes de enfocar la mirada en un AOI (FB), el número de todas las fijaciones en la pantalla (All-Sc) y la proporción de fijaciones en un AOI (FC-T/All-Sc). Sin embargo, sí podemos afirmar que para el Grupo 2 es menor la duración antes de centrar la mirada en las AOIs (TFF), tanto en total, en imágenes y en textos con unos valores de la *t de Student* de $t=1,68$ ($p=0,054$), $t=1,33$ ($p=0,096$) y $t=1,44$ ($p=0,081$) respectivamente. Pero sólo podemos hacer estas afirmaciones con un nivel de significación de 0,1. En sexto curso también encontramos una métrica sin diferencias significativas, la proporción de fijaciones en un AOI (FC-T/All-Sc). Sí encontramos que es menor para el Grupo 2 la duración (TFF) y el número de fijaciones (FB) antes de centrar la mirada en las AOIs, tanto en el total, imágenes y texto, aunque con distintos nivel de significación. Para el tiempo empleado hasta la primera fijación en textos (TFF-tx) obtenemos unos valores de $t=1,72$ ($p=0,047$), y el número de fijaciones antes de enfocar la mirada en las imágenes (FB-im) y en total (FB-all), con $t=1,80$ ($p=0,043$) y $t=1,81$ ($p=0,043$). Todas ellas con un nivel de significación de 0,05. Respecto al tiempo empleado hasta la primera fijación en imágenes (TFF-im) y en total (TFF-all) obtenemos unos valores de $t=1,67$ ($p=0,055$) y $t=1,58$ ($p=0,066$) respectivamente, y el número de fijaciones antes de enfocar la mirada en los textos (FB-tx), con $t=1,43$ ($p=0,08$). Estas últimas tres

métricas con un nivel de significación de 0,1 únicamente. Por último, también se registran un menor número de todas las fijaciones en la pantalla (All-Sc) para el Grupo Experimental, con $t=1,41$ ($p=0,084$).

La primera conclusión a la que podemos llegar al analizar los resultados es que fueron obtenidas puntuaciones similares en el Posttest, tanto en segundo como en sexto curso, pero en menos tiempo en el caso del Grupo Experimental (el que observa un formato con imágenes y colores que hacen un mejor contraste), lo cual favorece la retención de contenidos, tal y como se ha enunciado en la hipótesis inicial. Por lo tanto, en ambos niveles educativos, se consiguió una mayor eficiencia en el aprendizaje, tal como enuncia el Principio de Señalización de Mayer. Estos resultados fueron confirmados en mayor o menor medida al revisar las métricas registradas por el *eye tracker*. Para los alumnos de segundo curso, el Grupo 2 (Experimental) centra la mirada en un tiempo inferior en las AOIs. Para sexto curso apreciamos una tendencia similar. Los alumnos del Grupo Experimental en este caso centran su atención en menos tiempo y con un número menor de fijación en las AOIs. Asimismo, el número total de fijaciones en la pantalla es menor para el Grupo 2. Estos datos indican una mayor eficiencia en la búsqueda de las áreas de interés en ambos niveles educativos. Sin embargo en segundo curso sólo podemos hacer esta afirmación con un nivel de significación de 0,1 y en sexto hay varias métricas más que confirman la eficiencia. Por tanto, la utilización de colores que hacen un mejor contraste tendrá una mayor influencia cuando se utilizan con los alumnos de sexto curso.

III.2 Experimento 2

El Grupo 2, de Control (amarillo), representa en la Figura 3 a los alumnos a los que se les muestran únicamente imágenes y narración oral, frente a los del Grupo 1, Experimental (verde) cuya configuración incluye además texto escrito redundante. El tiempo empleado por los niños y niñas del Grupo 1 de segundo curso para observar la pantalla es mayor. Utilizando el valor calculado por la *t de Student* con un nivel de significación de 0,01, obtenemos un valor de $t=2,62$ ($p=0,006$). La puntuación obtenida para segundo curso en el Posttest es prácticamente idéntica, confirmado al realizar los cálculos estadísticos, pues no

aparecieron diferencias significativas. Respecto a sexto curso, se obtuvieron datos similares. El tiempo utilizado por los alumnos del Grupo 1 también es mayor, con un valor de $t=2,025$ ($p=0,025$). En cuanto a los resultados del Posttest, son ligeramente inferiores para Grupo 2, sin embargo no se encuentran diferencias significativas cuando calculamos el valor de la t de Student.

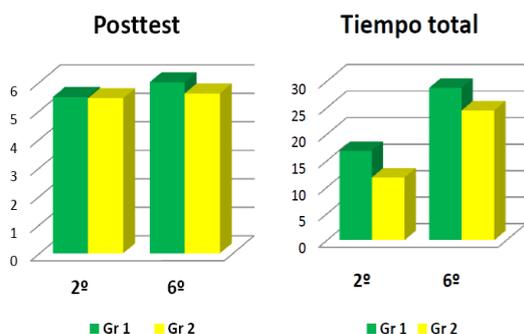


Fig. 3. Posttest y Tiempo Total. Experimento 2

Respecto a las métricas que nos proporciona el *eye tracker*, en ambos cursos observamos algunas métricas que podrían indicar valores favorables para el Grupo Experimental (Grupo 1), al cual fue mostrado texto redundante. Éstas son el tiempo empleado (TFF-T) y el número de fijaciones (FB-T) a una AOI antes de la primera fijación, para segundo curso, y la proporción de fijaciones en las AOIs (FC-T/All-Sc) en ambos niveles educativos. Sin embargo son valores esperados al contar la presentación del Grupo 1 con dos áreas de interés frente a una sola para el Grupo 2. Para segundo curso, los alumnos del Grupo 2 utilizan menos tiempo (TFF-Im) y menos fijaciones (FB-Im) hasta que observan las imágenes por primera vez, con $t=2,46$ ($p=0,01$) y $t=2,65$ ($p=0,007$) respectivamente. Además, para este Grupo 2 es menor el número de todas las fijaciones en la pantalla (All-Sc), con $t=3,72$ ($p<0,001$), y mayor la proporción de fijaciones en las imágenes (FC-T/All-Sc), con $t=5,56$ ($p<0,001$). Los resultados son similares, pero más concluyentes para sexto curso, presentando diferencias en más métricas y en casi todas con un nivel de significación de 0,01. Los alumnos del Grupo 2 también utilizan menos tiempo (TFF-Im) y menos fijaciones (FB-Im) hasta que miran las imágenes por primera vez, con $t=5,26$ ($p<0,001$) y $t=5,28$ ($p<0,001$) respectivamente. Pero incluso es menor el tiempo (TFF-T) y número de fijaciones (FB-T) hasta la

primera fijación en todas las AOIs, a pesar de haber menos áreas de interés, con $t=2,73$ ($p=0,005$) y $t=2,28$ ($p=0,015$), esta última con un nivel de significación de 0,05. Como sucedía con segundo curso, para el Grupo 2 es menor el número de todas las fijaciones en la pantalla (All-Sc), con $t=4,05$ ($p<0,001$), y mayor la proporción de fijaciones en las imágenes (FC-T/All-Sc), con $t=5,08$ ($p<0,001$).

La primera conclusión a la que podemos llegar al analizar los resultados es que fueron obtenidas puntuaciones similares en el Posttest, tanto en segundo como en sexto, pero en menos tiempo en el caso del Grupo de Control (el que únicamente observa imágenes y escucha narración oral, sin texto redundante). Por lo tanto, en ambos niveles educativos se consigue una mayor eficiencia en el aprendizaje, tal como enuncia el Principio de la Redundancia de Mayer. Estos resultados se confirman al revisar las métricas registradas por el *eye tracker*. Para los alumnos de segundo curso, el Grupo 1 realiza una búsqueda más eficiente en el caso de las imágenes, confirmado al realizarse un menor número de fijaciones totales. Para sexto curso los resultados muestran una mayor eficiencia para el Grupo 1 con un nivel de significación más alto, incluso teniendo en cuenta todas las áreas de interés, no sólo las imágenes. También se refleja esta eficiencia en el número y la proporción de fijaciones. Por tanto la configuración en la que se incluye texto redundante que no aporta información nueva es menos eficiente. En el Posttest se ha obtenido una puntuación ligeramente superior para el Grupo 1, posiblemente porque se ha aportado una información extra, sin embargo no se aprecian diferencias significativas.

III.3 Experimento 3

El Grupo 1, de Control (verde) representa en la Figura 4 a los alumnos a los cuales se muestran imágenes y texto, frente a los del Grupo 2, Experimental (amarillo), cuya configuración incluye imágenes y sonidos superfluos. Se aprecia diferencia en el tiempo empleado por los niños y niñas de segundo curso para observar la pantalla. Utilizando el valor calculado por la *t de Student* con un nivel de significación de 0,05, obtenemos un valor de $t=1,89$ ($p=0,033$) en el tiempo empleado. Por tanto afirmamos que para el Grupo 1 se realiza la observación en un tiempo significativamente menor. La puntuación obtenida

para segundo curso en el Posttest es ligeramente superior para el Grupo 1, aunque bastante similar. Después de realizar los cálculos estadísticos no se encuentran diferencias significativas. Para sexto curso se obtienen datos idénticos. El tiempo utilizado por los alumnos del Grupo 1 es menor, con valores de $t=2,96$ ($p=0,003$). Los resultados del Posttest son ligeramente superiores para el Grupo 1, aunque igual que en el otro nivel educativo, no se encuentran diferencias significativas.

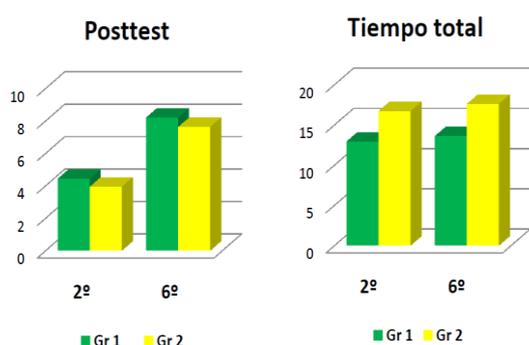


Fig. 4. Posttest y Tiempo Total. Experimento 3

En cuanto a las métricas registradas por el *eye tracker*, en segundo curso se observa que es menor el tiempo empleado hasta la primera fijación (TFF) y el número de fijaciones antes de enfocar la mirada (FB) en el caso de los textos y el total. Con un nivel de significación de 0,05 el número de fijaciones previas con $t=1,85$ ($p=0,036$). El tiempo antes de centrar la mirada en los textos, $t=3,15$ ($p=0,002$), y en total, $t=2,72$ ($p=0,005$), así como el número de fijaciones antes de ver el texto, con $t=3,01$ ($p=0,002$), se puede afirmar con un nivel de significación de 0,01. El número total de fijaciones en pantalla (All-Sc) es menor para el Grupo 1 con $t=2,49$ ($p=0,008$), también con un nivel de significación de 0,01. En sexto curso se observa que no hay diferencias significativas en el tiempo empleado hasta la primera fijación (TFF) y el número de fijaciones antes de enfocar la mirada (FB), tanto en imágenes, textos o en el total. Sí apreciamos que es menor el número de fijaciones totales para el Grupo 1 (All-Sc) con un nivel de significación de 0,01 y valores de $t=3,18$ ($p=0,002$). También la proporción de fijaciones en un AOI (FC-T/All-Sc) es mayor para el Grupo 1 con $t=1,421$ ($p=0,082$), aunque sólo lo podemos afirmar con un nivel de significación de 0,1.

La primera conclusión a la que podemos llegar al analizar los resultados es que se obtienen

puntuaciones ligeramente mayores, pero sin diferencias significativas en el Posttest, tanto en segundo como en sexto. Sin embargo, se dedica menos tiempo en el caso del Grupo 1 (de Control), por lo que se consigue una mayor eficiencia en el aprendizaje cuando no se incluyen imágenes y sonidos superfluos, confirmando el Principio de Coherencia de Mayer. Respecto a las métricas registradas por el *eye tracker*, los alumnos de segundo curso enfocan antes la mirada en las AOI, lo cual muestra una mayor eficiencia en la búsqueda, principalmente en los textos. Además con un nivel de significación muy alto. También observamos que el Grupo Experimental realiza aproximadamente un 50% más de fijaciones totales en pantalla, reflejando una menor eficiencia que para el Grupo de Control. En sexto curso sólo se puede confirmar esta eficiencia en el número de fijaciones y en la proporción de las mismas en las AOI, aunque a un nivel de significación bajo, en el caso de esta última. Por tanto, podemos afirmar que la inclusión de elementos superfluos en una presentación resta eficiencia en ambos niveles educativos, aunque con una mayor relevancia en segundo curso y principalmente en la observación de los textos. Es un resultado esperado, pues en los primeros años de la etapa de Educación Primaria los niños se distraen y tienen mayor dificultad para la comprensión de textos que en sexto, donde no se han observado importantes diferencias.

IV. CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO

Una vez analizados los resultados de los tres experimentos podemos concluir que la aparición de elementos distractores reduce la eficiencia en el aprendizaje. Ya sea por el empleo de colorido no adecuado, exposición de información textual innecesaria o la inclusión de de sonidos e imágenes superfluos (cuyo objetivo en muchas ocasiones es puramente estético), se puede perjudicar la retención de los contenidos, entre otras cosas, porque se necesite más tiempo para la observación (y asimilación) de los contenidos visualizados en pantalla. La atención se centra más tarde en la mayoría de los casos, generando un número mayor de fijaciones, en las versiones en las que se incluyen elementos distractores. Todo ello perjudica la eficiencia en la búsqueda de las áreas que tienen mayor interés para el alumno (es decir, aquellas que contienen los contenidos a asimilar). También en estos casos se producen un mayor

número de fijaciones totales en pantalla y una proporción menor, lo cual viene a confirmar que la localización (y la consiguiente retención) de los contenidos se podría hacer de forma más eficiente. Estos resultados son similares a los obtenidos en otros estudios consultados en la bibliografía. Hemos comprobado empíricamente que los tres principios de Mayer mencionados se cumplen en mayor o menor medida, con ciertos matices para cada uno de los experimentos y para cada uno de los cursos que intervienen en esta investigación.

Una vez revisados los tres experimentos podemos ofrecer unas primeras pautas (o *guidelines*), aplicables en el diseño de contenidos multimedia dirigidos a alumnos de Educación Primaria, y relativas a la inclusión de elementos que pueden distraer la atención y perjudicar una correcta asimilación de los contenidos. Estas pautas son:

- Se recomienda, en el caso de materiales educativos multimedia dirigidos a alumnos de Educación Primaria, la utilización de colores primarios y cálidos, que hagan buen contraste, y que permitan diferenciar mejor las imágenes y textos, frente a tonos pastel, cuyo uso es menos aconsejable en estas edades.

En los experimentos se ha observado que en el caso de los alumnos de sexto curso se consigue una mayor eficiencia en la búsqueda (tanto de las imágenes como de los textos).

- Se recomienda, en el caso de materiales educativos dirigidos a alumnos de Educación Primaria, no incluir texto redundante en las presentaciones, pues su uso puede afectar negativamente a la localización de los elementos más relevantes (aquellos que contienen los conceptos a asimilar).

En ambos niveles educativos se ha comprobado empíricamente que se consigue una mayor eficiencia si se excluye el uso de texto extra, siendo mayor el efecto en el caso de los alumnos de sexto curso.

- Se recomienda, en el diseño de materiales educativos multimedia orientados a con alumnos de Educación Primaria, evitar la utilización de elementos distractores (como imágenes innecesarias en los bordes o sonidos superfluos) que desvíen la atención de las áreas de mayor interés.

Se ha podido verificar en los experimentos realizados que se consigue una mayor eficiencia en ambos niveles educativos, siendo más evidente en el caso de los alumnos de segundo curso, y principalmente en la observación de textos.

En estudios futuros puede ser de interés ampliar esta línea de investigación con otros experimentos en los que se evalúe la inclusión de otros elementos distractores, que pueden influir en la percepción de los niños, tales como *banners* (formato publicitario visual en internet) o un *layout* (posicionamiento de los elementos) inadecuado en pantalla.

REFERENCIAS

- [1] Andrà C., Arzarello F., Ferrara F., Holmqvist K., Lindström P., Robutti O., Sabena C., "How students read mathematical representations: an eye tracking study", Proceedings of the 33rd Conference of the Intern.Group Psyc. of Math. Educ., Vol. 2, pp. 49-56, 2009.
- [2] Navarro, Ó., Molina, A.I., Lacruz, M., "Una experiencia de evaluación de diseños de materiales educativos multimedia en Educación Primaria", in Acceso masivo y universal para un aprendizaje a lo largo de la vida, Logroño, UNIR, pp. 239-246, 2014.
- [3] Mayer R.E., "The Cambridge handbook of multimedia learning", Cambridge University Press, 2005.
- [4] Ware C., "Visual thinking for design", Burlington: Morgan Kaufmann, pp. 65-85, 2008.
- [5] Hassan, Y., Herrero, V., "Eye-Tracking en Interacción Persona-Ordenador", No sólo Usabilidad, 2007.
- [6] Mayer, R.E., "Unique contributions of eye-tracking research to the study of learning with graphics", Learning and Instruction, Vol. 20, pp. 167-171, 2010.
- [7] Mason L., Tornatora M.C., Pluchino P., "Do fourth graders integrate text and picture in processing and learning from an illustrated science text? Evidence from eye-movements patterns", Computers and Education, Vol. 60, pp. 95-109, 2013.
- [8] Sim G., Cassidy B., Read J.C., "Understanding the fidelity effect when evaluating games with children", Proceedings of the 12th Int. Conference on Interaction Design and Children, pp. 193-200, 2013.
- [9] Liu H., Lai M., Chuang H., "Using Eye-tracking technology to investigate the redundant effect of multimedia web page son viewers' cognitive processes", Computers in Human Behavior, Vol. 27, pp. 2410-2417, 2011.
- [10] Van Gog T., Jarodzka H., Scheiter K., Gerjets P., Paas F., "Attention guidance during example study via the model's eye movements", Computers in Human Behavior, Vol. 25, pp. 785-791, 2009.

- [11] Krejtz I., Szarkowska A., Krejtz D., Walczak A., Duchowski A., "Audio description as an aural guide of children's visual attention: evidence from an Eye-tracking study", Proceedings of the Symposium on Eye Tracking Research and Applications, pp. 99-106, 2012.
- [12] Van Gog T., Scheiter K., "Eye tracking as a tool to study and enhance multimedia learning", Learning & Instruction, Vol. 20, pp.95-99, 2010.
- [13] Wiebe E.N. Annetta L.A., "Animation and narration: using Eye Tracking to understand visual attention distribution", Annual meeting of the American Educational Research Association, Chicago, 2007.
- [14] Mayer R.E., "The promise of multimedia learning: using the same instructional design methods across different media", Learning and Instruction, Vol. 13, pp. 125-139, 2003.
- [15] Mayer R.E., "Multimedia aids to problem-solving transfer", International Journal of Educational Research, Vol. 31, pp. 611-623, 1999.
- [16] Mason L., Pluchino P., Tornatora M.C., N. Ariasi, "An Eye-tracking study of learning from science text with concrete and abstract illustrations", The Journal of Experimental Education, Vol. 81, pp. 356-384, 2013.
- [17] Yang, F., Chang, C., Chien, W., Chien, Y., Tseng, Y., "Tracking learners' visual attention during a multimedia presentation in a real classroom", Computers and Education, Vol. 62, pp. 208-220, 2012.
- [18] Evans M.A., Saint-Aubin J., "What children are looking at during shared storybook reading: evidence from eye movement monitoring", Psychological Science, Vol. 16, pp. 913-920, 2005.
- [19] Johnson, J., "Designing with the mind in mind: simple guide to understanding user interface design rules", Morgan Kaufmann, pp. 53-63, 2010.
- [20] Romero, G., "Pautas de Diseño de Interfaces Gráficas Basadas en el Modelo de Aprendizaje S.O.I., Plataformas: Microsoft, Linux.", Docencia Universitaria, Vol. IV, pp. 71, 2003.
- [21] García-Hernández C., "Eye Tracking technology applied to the design of safety and health signs at work", ORP, A Coruña, 2008.
- [22] Ozelik E., Karakus T., Kursun E., Cagiltay K., "An Eye-tracking study of how color coding affects multimedia learning", Computers and Education, Vol. 53, pp. 445-453, 2009.
- [23] Felder, R.M., Silverman, L.K., "Learning and Teaching Styles in Engineering Education Application", Engr. Education, Vol. 78, pp. 674-681, 1988.
- [24] Kaufman, A.S., Kaufman, N.L., "K-BIT: test breve de inteligencia de Kaufman", Tea, 2000.
- [25] Real Decreto 1513/2006, de 7 de diciembre, por el que se establecen las enseñanzas mínimas de la Educación primaria. BOE 293.
- [26] Moreno R., Durán R., "Do multiple representations need explanations? The role of verbal guidance and individual differences in multimedia mathematics learning", Journal of Educational Psychology, Vol. 96, pp. 492-503, 2004.

- [27] Kish, L., "Muestreo de Encuestas", Trillas, México, 1975.

AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al Grupo CHICO de la UCLM por facilitar el uso del dispositivo Tobii X60, así como a la dirección, tutores y alumnos de 2º y 6º curso de Educación Primaria del CEIP San José de Calasanz por haber participado en la realización de dichos experimentos.

Óscar Navarro es diplomado en Magisterio por la Universidad Complutense de Madrid y Licenciado en Ciencias de la Educación por la Universidad Nacional de Educación a Distancia. Maestro en escuelas de educación infantil y primaria y en institutos de educación secundaria desde 1997, ha impartido cursos presenciales y online relacionados con el ámbito educativo. Asimismo ha impartido clases en el Centro de Estudios Universitarios de Talavera de la Reina. Sus principales áreas de interés son la elaboración y aplicación de materiales multimedia con alumnos de la etapa de Educación Primaria, así como la utilización de sistemas LMS y prácticas de e-learning



Ana Isabel Molina es Doctora en Ingeniería Informática (2007) por la Universidad de Castilla-La Mancha (UCLM). Actualmente es Profesora Contratada Doctora en la Escuela Superior de Informática de Ciudad Real, y miembro del grupo de investigación CHICO (Computer-Human Interaction and Collaboration) de la UCLM. Sus principales áreas de interés son la Interacción Persona-Ordenador, los Sistemas Colaborativos y los Nuevos Paradigmas de Interacción aplicados a la Educación.



Miguel Lacruz Doctor en Ciencias de la Educación, ha sido director de Instituto de Educación Secundaria, asesor en Centros de Profesores e Inspector de Educación en la provincia de Ciudad Real. Es Profesor Titular en la Facultad de Educación de Ciudad Real, en la UCLM, en el área de Didáctica y Organización Escolar donde ha impartido diversas materias de los Grados de Infantil y Primaria. También imparte docencia en el Máster del Profesorado de Educación Secundaria. Ha sido ponente en diversos congresos nacionales e internacionales, autor de varios libros y tiene publicadas multitud de artículos en revistas nacionales e internacionales relacionadas con la didáctica, la organización escolar y las nuevas tecnologías aplicadas a la educación.