

Los detalles seductores en el aprendizaje en línea de matemáticas

The seductive details in online mathematics learning



- Jimmy Zambrano Ramírez – *Universidad del Pacífico, UP (Ecuador)*
- Esthela Gabriela Centeno Martínez – *Unidad Educativa San Rafael (Ecuador)*
- Elvira Janneth Legarda Márquez – *Unidad Educativa Humberto Mata Martínez (Ecuador)*
- Amelia Chelita Bravo Loaiza – *Colegio de Bachillerato Marcabelí (Ecuador)*
- Marcia Yaguarema Alvarado – *Universidad del Pacífico, UP; Colegio Alemán Humboldt de Samborondón (Ecuador)*

RESUMEN

Las nuevas tecnologías y los formatos multimedia han dado lugar a ambientes virtuales sincrónicos de aprendizaje de matemáticas muy atractivos. No obstante, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia sugiere que es preferible eliminar la información seductora de una presentación multimedia. Sin embargo, aún no está claro si este efecto se manifiesta en situaciones ecológicas como las videoconferencias sincrónicas. Con el fin de abordar esta brecha, se llevaron a cabo dos experimentos para examinar el efecto de las imágenes instructivas, decorativas y seductoras en el aprendizaje de matemáticas mediante videoconferencias sincrónicas, tanto para estudiantes principiantes como avanzados. El primer experimento ($n = 156$) reveló que tanto los materiales con gráficos instructivos como los materiales sin gráficos son más eficientes (i.e., generan mayor desempeño con igual esfuerzo mental) que los materiales con gráficos seductores. En el segundo experimento, se analizó el papel moderador del conocimiento previo ($n = 163$), incluyendo estudiantes avanzados en el estudio. Los resultados sugirieron que los estudiantes principiantes obtuvieron un mejor desempeño con materiales que contenían gráficos instructivos y decorativos en comparación con aquellos que presentaban gráficos seductores. Sin embargo, esta desventaja de aprender con gráficos seductores desapareció en los estudiantes avanzados. Se concluye que la efectividad del aprendizaje en línea de matemáticas depende del tipo de gráfico utilizado y del nivel de conocimiento previo. Estos resultados se discuten desde la perspectiva de la carga cognitiva y del aprendizaje multimedia, y se proporcionan orientaciones prácticas para la enseñanza e investigación del aprendizaje en línea de las matemáticas.

Palabras clave: aprendizaje asistido por ordenador; sistema multimedia; aprendizaje del dominio; capacidad cognitiva; proceso de aprendizaje.

ABSTRACT

The new technologies and multimedia formats have given rise to highly attractive synchronous virtual environments for learning mathematics. However, the cognitive theory of multimedia learning suggests that it is preferable to eliminate seductive information from a multimedia presentation. Nevertheless, it is still unclear whether this effect manifests in ecological situations such as synchronous video conferences. In order to address this gap, two experiments were conducted to examine the effect of instructional, decorative, and seductive images on mathematics learning through synchronous video conferences, for both beginner and advanced students. The first experiment ($n = 156$) revealed that both materials with instructional graphics and materials without graphics are more efficient (i.e., they generate higher performance with equal mental effort) than materials with seductive graphics. In the second experiment, the moderating role of prior knowledge was analyzed ($n = 163$), including advanced students in the study. The results suggested that novice students performed better with materials containing instructional and decorative graphics compared to those presenting seductive graphics. However, this disadvantage of learning with seductive graphics disappeared in advanced students. It is concluded that the effectiveness of online mathematics learning depends on the type of graphics used and the level of prior knowledge. These results are discussed from the perspective of cognitive load and multimedia learning, and practical guidelines are provided for teaching and researching online mathematics learning.

Keywords: didactic use of computer; multimedia system; mastery learning; cognitive ability; learning process.

INTRODUCCIÓN

Una suposición generalizada es que las tecnologías digitales contribuyen a la innovación y mejora en la educación y el aprendizaje (Haleem et al., 2022; Miralles Martínez et al., 2019). Estas tecnologías abarcan dispositivos, materiales multimedia (e.g., gráficos y textos) y canales de comunicación que se cobijan bajo el término aprendizaje en línea a fin de fomentar la adquisición de conocimientos (Clark y Mayer, 2024). Para asegurar que el entusiasmo por las tecnologías conduzca a mayores beneficios de aprendizaje, el diseño y uso de entornos digitales deberían considerar las características de la arquitectura cognitiva humana (Sweller, 2024). Los aspectos más relevantes de esta arquitectura son la memoria de trabajo, la memoria a largo plazo y los procesos que ocurren entre ellas (Forsberg et al., 2021).

El principio multimedia es un hallazgo derivado de esta arquitectura que considera el procesamiento de nueva información en la memoria de trabajo (Mayer, 2012). Sugiere que la adquisición de nueva información en la memoria a largo plazo se ve mejorada cuando se eliminan los detalles textuales y gráficos externos (i.e., detalles seductores) de una lección multimedia basada en computadora (Fiorella y Mayer, 2021; Moreno y Mayer, 2000). Aparentemente, los detalles seductores demandan recursos de atención o carga cognitiva, reduciendo el procesamiento de la información que necesita ser aprendida (Bender et al., 2021). Este efecto se observa comúnmente en estudiantes que no tienen conocimientos previos sobre el material (Sánchez y Wiley, 2006). Sin embargo, aún no está claro cómo interactúan los detalles seductores con el conocimiento previo (Mayer y Jackson, 2005; Wang y Adesope, 2016), o si estos efectos ocurren en condiciones ecológicamente válidas de aprendizaje en línea. En consecuencia, este estudio presenta la literatura sobre gráficos seductores y conocimiento previo, y los resultados de dos estudios que involucran materiales de aprendizaje en el campo de las matemáticas.

Aprendizaje en línea y aprendizaje multimedia

El aprendizaje en línea implica la entrega de información educativa a través de plataformas digitales con el objetivo de facilitar la adquisición de conocimientos y habilidades (Clark y Mayer, 2024). Aunque el aprendizaje en línea ha sido teorizado e investigado desde múltiples y variados enfoques teóricos (e.g., Downes, 2022), en este trabajo se asume que la efectividad del aprendizaje en línea depende de cómo el diseño y el uso de la tecnología y la instrucción se alinean con los objetivos de adquirir conocimientos de dominio específico y las características del estudiante (Castro-Alonso et al., 2021; Chen et al., 2017). En este contexto, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia es una sólida perspectiva instructiva que ha sido ampliamente utilizada para diseñar e investigar entornos digitales.

Esta teoría sugiere que las personas aprenden mejor cuando los materiales de aprendizaje incluyen tanto texto como gráficos, en lugar de utilizar solo materiales

con texto (Mayer, 2012, 2020). Los tres supuestos principales son que las personas tienen dos canales separados para material visual/espacial y material auditivo/verbal (Sadoski y Paivio, 2013) que tienen una capacidad de procesamiento limitada (Sweller, 2024), y deberían procesar activamente la información relevante para construir una representación mental coherente (Fiorella, 2023). Desde esta perspectiva, el aprendizaje en línea puede ser más efectivo cuando guía a los estudiantes en la selección de información relevante de una lección multimedia, fomenta la creación y organización de una representación mental en la memoria de trabajo y promueve su integración en la memoria a largo plazo. La información relevante (i.e., texto y gráficos) impone una carga intrínseca en la memoria de trabajo, mientras que la información no relacionada con la tarea (e.g., imágenes seductoras) impone una carga ajena. Dado que la carga ajena dificulta el aprendizaje, debería minimizarse tanto como sea posible (Mayer, 2019).

Gráficos seductores

No toda la información incluida en las lecciones multimedia es igualmente efectiva. Según el principio de coherencia, las personas comprenden y aprenden más cuando se excluyen gráficos, palabras, sonidos y símbolos que no están relacionados con la información que se está aprendiendo (Garner et al., 1989; Lehmann y Seufert, 2017; Mayer et al., 2008). En cuanto a los gráficos, Sung y Mayer (2012) han definido tres tipos. Los *gráficos instructivos* son representaciones externas que facilitan la comprensión de la información, aumentan el interés cognitivo y están directamente relacionados con la meta de aprendizaje (i.e., imponen carga cognitiva intrínseca) (Harp y Mayer, 1997). Por ejemplo, una lección sobre el cálculo del volumen de cilindros presenta una imagen de un cilindro junto con palabras señalando la base y la altura.

Por otro lado, los *gráficos seductores* son elementos de información no relacionados con la meta de aprendizaje e imponen carga cognitiva extrínseca. Son muy cautivadores, energizantes, y evocan emociones, pero pueden consumir recursos de la memoria de trabajo hasta el punto de reducir la atención a la información relevante, causando carga cognitiva extrínseca (Sundararajan y Adesope, 2020). Por ejemplo, una lección sobre cilindros incluye una imagen de una noticia que mostraba a un vendedor popular lanzando a un ladrón un cilindro de gas desde un camión. Los *gráficos decorativos* también son elementos de información no relacionados con la meta de aprendizaje y también imponen carga cognitiva extrínseca, pero se pretende que sean cognitivamente neutros, aumenten el interés situacional, hagan la presentación visualmente atractiva y creen un tono agradable (Schneider, Dyrna et al., 2018). Por ejemplo, una lección sobre cilindros incluye una imagen de paisajes naturales como una playa o un bosque.

La mayoría de los estudios indican que los estudiantes que aprenden con gráficos seductores y decorativos obtienen puntajes más bajos en pruebas de rendimiento

en comparación con los estudiantes que aprenden sin estos gráficos (Mayer, 2019; Noetel et al., 2021; Rey, 2012; Sánchez y Wiley, 2006; Sundararajan y Adesope, 2020). La explicación teórica es que los detalles seductores inducen procesamiento ajeno en la memoria de trabajo (i.e., distraen, interrumpen o desvían la atención), dejando pocos recursos disponibles para construir una representación mental del material e integrarlo con el conocimiento recuperado de la memoria a largo plazo (Bender et al., 2021; Mayer, 2020).

El uso de detalles seductores parece estar justificado desde una perspectiva emotivo-motivacional (Kintsch, 1980; Renninger y Hidi, 2016). Estos enfoques abogan por la inclusión de frases, gráficos e incluso sonidos no relacionados con la meta de aprendizaje, pero que aumentan el interés en los materiales de aprendizaje. Sin embargo, la investigación existente sugiere que los detalles seductores pueden ser beneficiosos bajo condiciones específicas, como alta presión (Fries et al., 2019) o excitación emocional (Schneider, Wirzberger y Rey, 2018).

En cuanto al campo de las matemáticas, hasta donde sabemos, hay muy pocos estudios sobre detalles seductores y decorativos, y ninguno realizado en condiciones ecológicas de aprendizaje en línea. Por ejemplo, Fries et al. (2019) examinaron detalles seductores en un video sobre propiedades de matrices bajo condiciones de alta y baja presión con 259 estudiantes. En la condición de baja presión, los detalles seductores resultaron en un rendimiento más bajo en la prueba final en comparación con aquellos que aprendieron sin detalles seductores. Sin embargo, no se encontraron diferencias de rendimiento bajo condiciones de alta presión. Además, un metaanálisis reciente (Sundararajan y Adesope, 2020) reportó un efecto sorprendentemente positivo ($g = 0.42$) de los detalles seductores en materiales de matemáticas y estadísticas. Este análisis solo involucró a 288 estudiantes de dos experimentos. Con respecto a los gráficos decorativos, los hallazgos también parecen ser inconclusos (Lindner, 2020; Magnier et al., 2014; Mikheeva et al., 2021). Aparentemente, los gráficos decorativos parecen tener la ventaja de reducir la ansiedad matemática o generar interés situacional que podría promover el aprendizaje (Park et al., 2005).

Conocimiento previo

Los estudiantes novatos y avanzados exhiben un rendimiento diferente en una tarea debido al tipo de conocimiento que poseen (Kalyuga, 2021; Richter et al., 2021; Zambrano et al., 2019). Para los novatos parece ser más efectivo recibir un alto apoyo y orientación con una integración adecuada de texto y gráficos (Hoogerheide et al., 2019). Sin embargo, la efectividad de estos materiales se revierte cuando los estudiantes tienen conocimiento relevante del material en la memoria a largo plazo (i.e., estudiantes avanzados) (Jiang et al., 2023). Los estudiantes avanzados tienen un mejor desempeño que los novatos, probablemente porque recuperan una gran cantidad de información relevante de la memoria a largo plazo sin estar limitados por las restricciones de la memoria de trabajo (Kalyuga, 2021). Sin embargo, el

rendimiento de estos estudiantes puede verse comprometido cuando reciben materiales que incorporan un alto nivel de apoyo y orientación que no necesitan. Este resultado se refiere como el efecto de reversión de la experiencia (Jiang et al., 2023; Kalyuga et al., 2003). Por lo tanto, el diseño multimedia para estudiantes avanzados debe evitar imágenes y palabras redundantes (i.e., información ya conocida) e incrementar progresivamente el nivel de complejidad del material (Kalyuga, 2021).

La mayor capacidad cognitiva de los estudiantes avanzados puede reducir la carga cognitiva ajena asociada con detalles seductores y decorativos (Korbach et al., 2016; Mikheeva et al., 2021; Sanchez y Wiley, 2006; Sundararajan y Adesope, 2020). Sin embargo, hay muy poca investigación empírica sobre esta relación. Por ejemplo, Magner et al. (2014) estudiaron el efecto de los detalles decorativos en el rendimiento en pruebas de transferencia cercana y lejana en geometría básica (e.g., líneas paralelas, ángulos complementarios, suma de ángulos, ángulos verticales). Se encontró que los novatos aprendieron más con materiales sin detalles decorativos que con ellos en las pruebas de transferencia cercana. Sin embargo, los estudiantes avanzados aprendieron más con los detalles decorativos que sin ellos en las mismas pruebas. En las pruebas de transferencia diferida, los estudiantes avanzados obtuvieron un mejor rendimiento que los novatos, y no se encontraron efectos de interacción.

Wang y Adesope (2016) compararon tres tipos de materiales (i.e., sin detalles seductores, detalles seductores al principio o detalles seductores al final de la lección) en materiales de geografía (i.e., formación de la tierra). Se encontró que los novatos sin detalles seductores tenían un rendimiento superior a aquellos que aprendieron con los otros materiales. Sin embargo, los estudiantes avanzados aprendieron más sin detalles seductores y con detalles seductores al final que con detalles seductores al principio de la lección. Fries et al. (2019) también examinaron el efecto del conocimiento previo, pero en interacción con la presión durante el aprendizaje. Cuando los estudiantes son novatos, la inclusión o la omisión de detalles seductores no afectaron el aprendizaje bajo baja presión. Sin embargo, en la condición de alta presión, los novatos aprendieron más con detalles seductores que sin ellos. Estos factores no produjeron resultados diferentes en estudiantes avanzados. Los resultados parecen apoyar parcialmente la hipótesis de que el aprendizaje con imágenes decorativas y seductoras impone procesamiento ajeno en la memoria de trabajo solo en estudiantes novatos (Korbach et al., 2016). Sin embargo, se desconoce si estos resultados son consistentes en el dominio de las matemáticas y bajo las condiciones ecológicas de la educación en línea síncrona.

El presente estudio

El presente estudio tuvo como objetivo examinar el principio de coherencia en el aprendizaje de matemáticas en línea. En las sesiones en línea sincrónicas, intervienen muchos factores que no están presentes en estudios de laboratorio o en condiciones

controladas de aula. Por lo tanto, la pregunta de investigación fue si una lección multimedia impartida a través de clases sincrónicas con gráficos instructivos mejora los resultados del aprendizaje de las matemáticas en comparación con lecciones con gráficos seductores o sin gráficos. Una segunda pregunta fue si el conocimiento previo (i.e., estudiantes novatos y avanzados) modera los resultados del aprendizaje.

EXPERIMENTO 1

El propósito del Experimento 1 fue probar las siguientes hipótesis: aprender con gráficos instructivos fomenta un rendimiento más alto, menor esfuerzo mental y mayor eficiencia (h1) que aprender con gráficos seductores. Además, aprender sin ilustraciones fomenta un rendimiento más alto, menor esfuerzo mental y mayor eficiencia (h2) que aprender con gráficos seductores.

Método

Participantes

Un análisis de potencia a priori con una potencia de 0.8 y un tamaño de efecto medio de .06 (Field, 2024) reveló que 156 participantes serían suficientes para probar de manera confiable nuestras hipótesis. El estudio involucró a 156 estudiantes ecuatorianos matriculados en una escuela pública en Rumiñahui, como parte de su plan de estudios de matemáticas. Sin embargo, dos estudiantes no pudieron completar el estudio. Participaron 80 varones y 74 mujeres, con una edad promedio de 14.18 años ($DE = 0.80$). Los participantes no habían recibido instrucción previa sobre el tema en estudio (i.e., formas geométricas), como se confirmó mediante el pretest durante el cual no pudieron resolver ninguna tarea y seleccionaron la opción “No sé”. Se proporcionó compensación académica a los estudiantes por su participación en el estudio durante su clase de matemáticas. Además, las autoridades de la institución educativa y los padres fueron debidamente informados sobre el estudio y proporcionaron la autorización necesaria.

Diseño y procedimiento

El diseño del estudio contó con tres condiciones gráficas: gráficos instructivos, gráficos seductores y sin gráficos, y se llevaron a cabo en una sesión de 45 minutos. Los estudiantes fueron asignados al azar a las condiciones y la sesión fue implementada por uno de los autores. En primer lugar, a cada estudiante se le pidió que completara una prueba de conocimientos previos de 10 minutos. En segundo lugar, los grupos fueron creados según la condición, y cada grupo utilizó la plataforma Microsoft Teams. En tercer lugar, cada estudiante, en sus respectivas condiciones, recibió

una lección multimedia de 20 minutos sobre el cálculo del volumen de formas geométricas, siendo la única diferencia la representación gráfica. Finalmente, se pidió a los estudiantes que completaran un cuestionario de 10 minutos para evaluar el conocimiento adquirido.

Materiales

Todo el experimento se llevó a cabo en Microsoft Teams. Se utilizaron cuestionarios electrónicos para las pruebas, y las presentaciones se realizaron en PowerPoint. El material de aprendizaje estaba relacionado con las matemáticas, específicamente sobre el volumen de objetos sólidos, y consistió en 13 diapositivas temporizadas bajo el control del instructor. El material tenía aproximadamente 1000 caracteres y estaba estructurado con texto acompañado de gráficos instructivos, gráficos seductores o sin gráficos (Figura 1). Todas las imágenes fueron eliminadas en la condición sin gráficos.

Figura 1

Muestra de materiales con gráfico instruccional (a) y seductor (b)



Mediciones

Rendimiento. El rendimiento se midió antes y después de la presentación multimedia con el mismo examen de conocimientos. Consistió en 6 preguntas de opción múltiple que cubrían el material de aprendizaje. Cada pregunta tenía cuatro opciones, y cada opción se puntuaba entre 1 y 4 puntos según el nivel de complejidad de la respuesta. Por ejemplo, la pregunta ¿Cuál es el volumen de un prisma con una altura de 5 cm y un área de base de 10 cm? valía 1 punto por multiplicar correctamente para obtener el volumen. La pregunta que pedía encontrar el volumen de un prisma hexagonal con un borde de base de 6 m, una apotema de 5.2 m y una altura de 27 m, valía 2 puntos porque requería dos pasos: calcular el área de la base y realizar

la multiplicación. Una pregunta de 4 puntos consistía en Encuentre el diámetro de la base circular de un tanque cilíndrico de agua que mide 3 m de altura y 1 m de diámetro. Si quisieras llenarlo hasta la mitad, ¿cuántos litros de agua contendría? En este caso, se requerían cuatro pasos: calcular el área de la base, calcular el volumen del cuerpo, convertir las medidas y dividir el valor por la mitad.

Esfuerzo mental. La carga cognitiva se midió utilizando la escala de esfuerzo mental después de cada tarea de aprendizaje utilizando una escala de esfuerzo mental subjetivo de 9 puntos (Van Gog y Paas, 2008). La escala variaba desde 1 (muy, muy bajo esfuerzo mental) hasta 9 (muy, muy alto esfuerzo mental).

Eficiencia cognitiva. La eficiencia (E) se refiere a la calidad del aprendizaje debido a la combinación de rendimiento y esfuerzo mental (Van Gog y Paas, 2008). Una alta eficiencia se refiere a lograr un alto rendimiento mientras se gasta un esfuerzo mental relativamente bajo. Por el contrario, una baja eficiencia implica lograr resultados de rendimiento relativamente bajos a pesar de invertir un esfuerzo mental considerable. La eficiencia se determinó mediante la estandarización de los puntajes de rendimiento y esfuerzo mental de cada participante. Específicamente, se calcularon las puntuaciones z tanto para el esfuerzo (R) como para el rendimiento (P) de cada participante y se usó la fórmula $E = [(P - R)/2^{1/2}]$.

Resultados

Los datos se analizaron utilizando un análisis de varianza de un solo factor (ANOVA). La variable independiente fue el tipo de gráfico (gráfico instructivo, gráfico seductor y sin gráfico), y las variables dependientes fueron el rendimiento, el esfuerzo mental y la eficiencia en las pruebas de retención (Tabla 1). Se utilizó un nivel de significancia de .05 para el análisis, junto con η^2 como medida del tamaño del efecto, con valores de .01, .06 y .14 correspondientes a efectos pequeños, medianos y grandes, respectivamente (Field, 2024).

Tabla 1
Estadísticos descriptivos

Condiciones de aprendizaje	<i>M</i>	<i>DE</i>
<i>Rendimiento</i>		
Gráficos instructivos	6.14	2.34
Gráficos seductores	1.94	1.41
Sin gráficos	4.49	2.18
<i>Esfuerzo mental</i>		
Gráficos instructivos	20.51	5.03
Gráficos seductores	22.08	4.95

Condiciones de aprendizaje	M	DE
Sin gráficos	20.06	5.36
<i>Eficiencia</i>		
Gráficos instructivos	.57	.99
Gráficos seductores	-.77	.80
Sin gráficos	.19	1.02

En cuanto al rendimiento, el ANOVA reveló una diferencia estadísticamente significativa, $MSE = 4.09$, $F(2, 151) = 55.12$, $p < .001$, $\eta^2 = .42$. Las pruebas post hoc de Bonferroni mostraron que el material con imágenes instructivas resultó en un rendimiento más alto en comparación con las imágenes seductoras ($p < .001$) y sin imágenes ($p < .001$). Además, el material sin imágenes resultó en un rendimiento más alto que el material con imágenes seductoras ($p < .001$).

En cuanto al esfuerzo mental, el ANOVA no mostró diferencias significativas entre las tres condiciones de aprendizaje, $MSE = 26.23$, $F(2, 151) = 2.19$, $p < .001$, $\eta^2 = .03$, lo que sugiere que los grupos invirtieron un nivel igual de carga cognitiva.

Finalmente, en lo que respecta a la eficiencia cognitiva, el ANOVA reveló una diferencia estadísticamente significativa, $MSE = .89$, $F(2, 151) = 26.97$, $p < .001$, $\eta^2 = .26$. Las pruebas post hoc de Bonferroni sugirieron que el material con imágenes instructivas fue más eficiente que el material con imágenes seductoras ($p < .001$), e igualmente eficiente que el material sin imágenes ($p = .13$). También se encontró que el material sin imágenes fue más eficiente que el material con detalles seductores ($p < .001$).

Discusión

Este experimento tuvo como objetivo probar si los estudiantes que aprenden con gráficos instructivos logran un mejor rendimiento, experimentan menos esfuerzo mental y, en consecuencia, son más eficientes cognitivamente que aquellos que estudian con gráficos seductores (h1). Esta hipótesis fue parcialmente respaldada, ya que nuestros datos solo apoyaron las hipótesis de rendimiento y eficiencia. En general, nuestros resultados son consistentes con hallazgos previos sobre la ventaja de aprender con gráficos instructivos (Moreno y Mayer, 2000). Parece que los gráficos instructivos impusieron una carga intrínseca que indujo la creación de una representación mental más coherente del material, lo que resultó en una mejor retención de la información en la memoria a largo plazo.

El resultado respecto al esfuerzo mental sugiere que el material que incluía gráficos instructivos impuso una carga mental similar al material con gráficos seductores. Esto no implica que ambos tipos de gráficos indujeran un procesamiento similar en la memoria de trabajo. Es probable que los gráficos decorativos aumentaran el interés cognitivo, lo que llevó a un aumento en los procesos cognitivos asociados

con la comprensión del material (Bender et al., 2021). Por otro lado, los gráficos seductores pueden haber consumido recursos de atención altos con la desventaja de interrumpir o desviar la atención de la construcción y adquisición de un modelo mental coherente (Park et al., 2011). El resultado de eficiencia reveló que la combinación de rendimiento y esfuerzo mental es mejor para los gráficos instructivos. En otras palabras, aunque ambos tipos de materiales imponen una carga cognitiva similar, aprender con gráficos instructivos es más eficiente cognitivamente en términos de logro académico.

Nuestra segunda hipótesis fue que los estudiantes que aprenden sin gráficos tendrían niveles más altos de rendimiento, menor esfuerzo mental y mayor eficiencia (h2) que aquellos que aprenden con gráficos seductores. Nuestros resultados respaldan parcialmente esta expectativa, ya que se encontraron evidencias solo para rendimiento y eficiencia. Esperábamos que la eliminación de gráficos seductores reduciría el procesamiento mental superfluo (i.e., carga cognitiva ajena), lo que resultaría en menores demandas sobre los recursos de la memoria de trabajo (i.e., puntajes de esfuerzo mental más bajos). Sin embargo, nuestros resultados sugieren que la eliminación de gráficos interesantes, si bien mejora significativamente el rendimiento, no implica una reducción en la carga de procesamiento de la información. Una explicación alternativa podría ser que la carga mental fuera un factor mediador (Park et al., 2011). Es decir, la información esencial del material impuso una carga cognitiva intrínseca alta asociada con la elaboración de un modelo mental del material, mientras que los detalles seductores impusieron altos recursos mentales, tal vez debido a un tiempo insuficiente para comprender el material.

EXPERIMENTO 2

El propósito de este experimento fue probar la hipótesis sobre el conocimiento previo. Cuando los estudiantes son novatos, los gráficos instructivos promueven mejores resultados de aprendizaje que los gráficos seductores (h1); de manera similar, los gráficos decorativos fomentan resultados de aprendizaje superiores que los gráficos seductores (h2). Sin embargo, cuando los estudiantes son avanzados, los gráficos instructivos y decorativos producen resultados de aprendizaje similares a los gráficos instructivos (h3).

Método

Participantes

Se realizó un análisis de potencia a priori con una potencia de .8 y un tamaño de efecto medio de .06 (Field, 2024), el cual indicó que 158 participantes serían suficientes para probar de manera confiable nuestras hipótesis. Los participantes eran 163 estudiantes ecuatorianos de educación pública, 75 varones y 88 mujeres,

con una edad media de 12.99 años ($DE = .97$). Las actividades se llevaron a cabo como parte de la asignatura de matemáticas. Las autoridades institucionales y los padres recibieron información sobre el estudio y dieron su autorización para la participación. Además, todos los participantes recibieron 10 puntos en su materia como compensación por su esfuerzo.

Se reclutaron dos grupos del nivel de educación básica superior. Uno no había recibido instrucción sobre vectores porque este tema fue excluido durante el período de la pandemia de COVID (i.e., estudiantes novatos), y el otro ya había recibido instrucción sobre vectores como parte de la preparación para la educación secundaria (i.e., estudiantes avanzados). El ANOVA reveló que los estudiantes novatos ($n = 79$, $M = 2.30$, $DE = .70$) tenían un conocimiento previo más bajo que los estudiantes avanzados antes del experimento ($n = 84$, $M = 4.38$, $DE = .70$, $MSE = .37$, $F(1, 157) = 452.13$, $p < .001$, $\eta^2 = .74$). No se encontraron diferencias entre los estudiantes que aprendieron con gráficos instructivos ($n = 58$, $M = 3.8$, $DE = 1.17$), gráficos decorativos ($n = 52$, $M = 3.33$, $DE = 1.22$) y gráficos seductores ($n = 53$, $M = 3.01$, $DE = 1.20$, $MSE = .37$, $F(1, 157) = 2.97$, $p = .054$, $\eta^2 = .03$). Estos resultados sugirieron que el conocimiento previo fue el factor diferenciador entre los participantes.

Diseño y procedimiento

Se utilizó un diseño factorial de 2 (conocimiento previo: novatos vs. avanzados) x 3 (tipo de gráficos: instructivo, decorativo y seductor). La variable dependiente fue el rendimiento en un dominio específico: vectores. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a todas las condiciones de estudio.

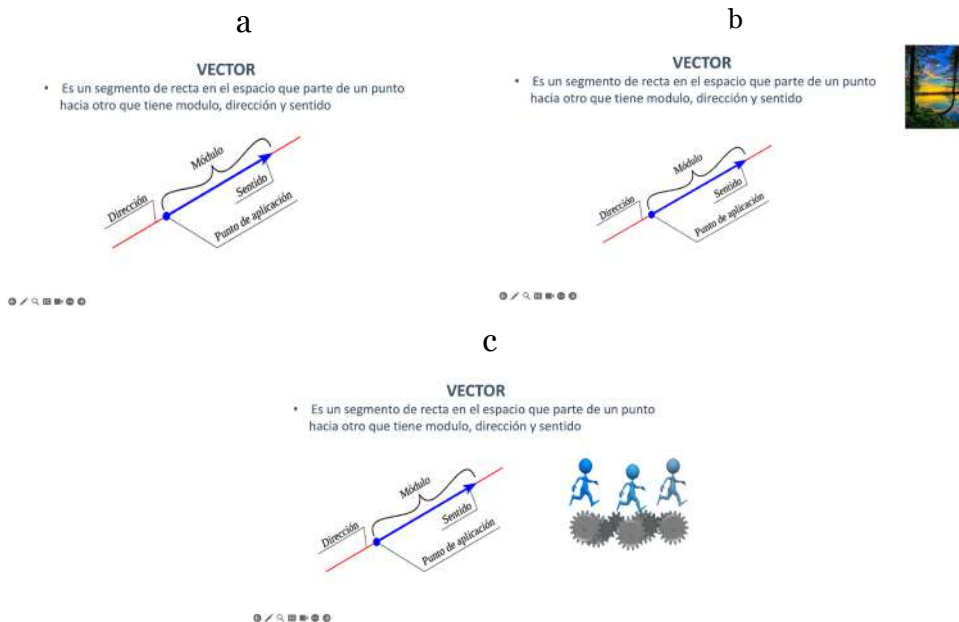
El procedimiento fue administrado por uno de los autores y dos asistentes. El grupo avanzado participó en una sesión de práctica de recuperación sobre vectores un día antes del experimento, supervisada por un instructor que aseguró la evocación del tema a través de preguntas y pruebas. El día del experimento, a todos los estudiantes se les instruyó acceder a la plataforma de videoconferencia Zoom y adherirse a las directrices de los profesores durante toda la clase. Posteriormente, los participantes completaron individualmente un pretest de 7 minutos que evaluaba el conocimiento previo, compuesto por cinco preguntas de opción múltiple. Después del pretest, los participantes fueron asignados a sus respectivas condiciones de estudio utilizando salas de trabajo de Zoom. Los profesores asignados para cada grupo impartieron una lección multimedia basada en la condición de estudio y dirigieron a los participantes a revisarla, con una duración aproximada de 45 minutos. Finalmente, los participantes realizaron una prueba posterior de 7 minutos con cinco preguntas de opción múltiple. Al completar todas las pruebas, se agradeció a los estudiantes por su participación.

Material

Todo el experimento se llevó a cabo en la plataforma Zoom. Se utilizaron cuestionarios electrónicos para las pruebas, y las presentaciones se crearon en PowerPoint. El material de aprendizaje se trataba de matemáticas y constaba de 12 diapositivas con un texto idéntico que describía los conceptos fundamentales de los vectores: definición de un vector, características, magnitudes, elementos y un ejercicio. En la versión de gráficos instructivos (Figura 2), se añadieron 11 imágenes en una sección de la lección que describía las características y componentes de los vectores. En la versión de gráficos seductores, se añadieron 13 imágenes GIF animadas no relacionadas con el objetivo de la lección. Y en la versión de gráficos decorativos, se añadieron imágenes de paisajes que no correspondían al objetivo de la lección pero que no eran visualmente atractivas.

Figura 2

Muestra de materiales con gráfico instructivo (a), decorativo (b) y seductor (c)



Measurement of performance

Measurements of performance were carried out before (i.e., pretest) and after (posttest) the learning phase. The prior knowledge of the materials

de aprendizaje se midió utilizando un cuestionario de opción múltiple de cinco preguntas. Cada pregunta se puntuó con 1 punto. El conocimiento adquirido en la fase de aprendizaje se midió utilizando otro cuestionario con cinco preguntas de opción múltiple, cada una con un valor de un punto. Los cuestionarios fueron electrónicos, entregados a cada estudiante a través de una plataforma virtual, y se instruyó a los estudiantes a mantener sus cámaras encendidas. Además, se utilizó un temporizador digital para controlar el tiempo de respuesta para cada cuestionario.

Resultados

Los datos fueron analizados utilizando un análisis de varianza (ANOVA): 2 (conocimiento previo: novatos vs. avanzados) x 3 (tipos de gráficos: instructivos, decorativos y seductores). La variable dependiente fue el rendimiento en pruebas de retención (Tabla 2). Se utilizó un nivel de significancia de .05 para el análisis, y con η^2 como medida del tamaño del efecto, con valores de .01, .06 y .14 correspondientes a efectos pequeños, medianos y grandes, respectivamente (Field, 2024).

Tabla 2
Resultados descriptivos

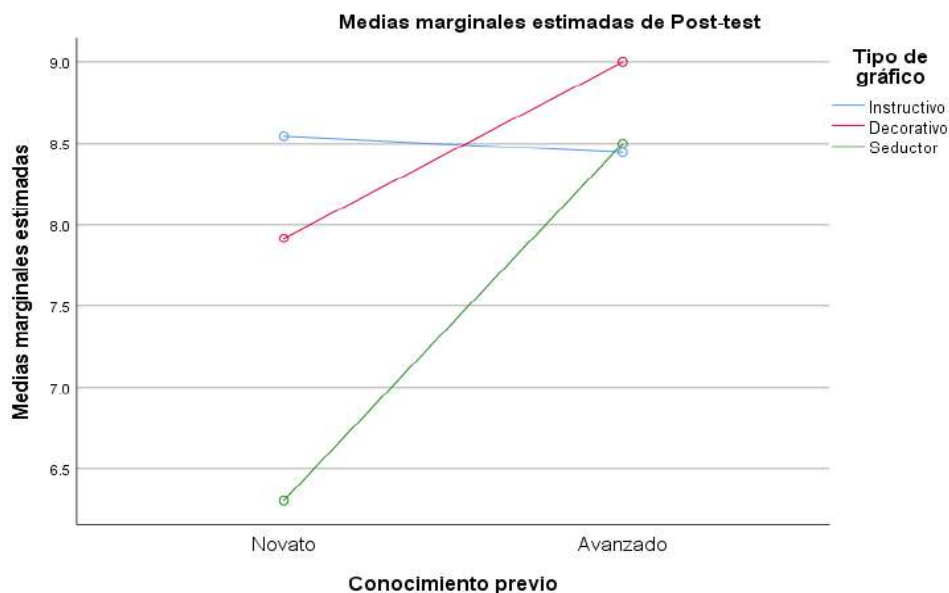
Condición de aprendizaje	<i>M</i>	<i>DE</i>
<i>Novato</i>		
Gráfico instructivo	4.27	.77
Gráfico decorativo	3.96	1.04
Gráfico seductor	3.15	1.15
<i>Avanzado</i>		
Gráfico instructivo	4.22	.80
Gráfico decorativo	4.50	.75
Gráfico seductor	4.25	.85

El ANOVA reveló un efecto principal significativo para la condición de conocimiento previo, sugiriendo que los estudiantes avanzados ($M = 4.32$, $DE = .79$) tuvieron un mejor desempeño que los estudiantes novatos, $M = 3.71$, $DE = 1.12$, $MSE = .83$, $F(1, 157) = 13.16$, $p < .001$, $\eta^2 = .08$. El ANOVA también mostró que el efecto principal de los tipos de gráficos fue significativo, indicando una diferencia entre aquellos que aprendieron con gráficos instructivos ($M = 4.25$, $DE = .12$), gráficos decorativos ($M = 4.23$, $DE = .13$) y gráficos seductores ($M = 3.70$, $DE = .13$, $MSE = .83$, $F(2, 157) = 5.91$, $p = .003$, $\eta^2 = .07$). Un análisis post hoc de Bonferroni reveló que los gráficos instructivos ($p = .008$) y los gráficos decorativos ($p = .012$) fueron superiores a los gráficos seductores.

El ANOVA también reveló una interacción significativa entre los efectos principales, $MSE = .83$, $F(1, 157) = 5.181$, $p < .007$, $\eta^2 = .06$ (Figura 3). El análisis post hoc de Bonferroni mostró que cuando los estudiantes tienen menos conocimientos previos, el aprendizaje con gráficos instructivos ($p < .001$) y el aprendizaje con gráficos decorativos ($p < .004$) resultan en un mejor desempeño que el aprendizaje con detalles seductores. No hubo diferencia entre los gráficos instructivos y decorativos ($p = .73$; $\eta^2 = .13$). Cuando los estudiantes son avanzados, no hay diferencia entre el aprendizaje con gráficos instructivos y detalles seductores ($p = 1.00$), entre gráficos instructivos y decorativos ($p = 1.00$), o entre gráficos instructivos y seductores ($p = .69$; $\eta^2 = .01$).

Figura 3

Interacción entre conocimiento previo y tipo de gráfico



Discusión

El segundo experimento tuvo como objetivo examinar el efecto de los detalles decorativos y el papel mediador del conocimiento previo. La primera hipótesis fue que, para los principiantes, los gráficos instructivos darían como resultado un mejor desempeño que los gráficos seductores. Nuestros datos proporcionan evidencia para esta expectativa, que es consistente con el primer experimento. Los gráficos

instructivos guiaron la selección de información relevante e indujeron la formación de una representación mental más coherente del material de estudio, lo que resultó en una mayor adquisición de conocimientos. Parece que los gráficos instructivos mejoraron tanto la comprensión como la adquisición de información material en la memoria a largo plazo (Mayer, 2020).

Nuestros resultados también respaldan la segunda hipótesis de que los gráficos decorativos conducen a mejores resultados de aprendizaje que los gráficos seductores. Los detalles decorativos, aunque no diseñados para contribuir a la meta de aprendizaje, pueden haber aumentado el interés situacional en el material (Magner et al., 2014), lo que puede haber inducido una carga ajena durante el procesamiento de la información de la tarea. Parece que los gráficos decorativos crearon una condición emocional más productiva que la condición emocional asociada con los detalles seductores (Mayer y Estrella, 2014; Plass y Kalyuga, 2019).

La tercera hipótesis era que los gráficos instructivos y decorativos producirían resultados de aprendizaje similares a los gráficos seductores cuando los estudiantes son avanzados. Nuestros resultados respaldan esta predicción. Los estudiantes avanzados, como sugiere el efecto principal del nivel de conocimiento previo, aprendieron más que los principiantes, quizás debido a su ventaja cognitiva previa. Parece que esta ventaja redujo el impacto negativo de los detalles seductores (Fries et al., 2019). Este hallazgo es consistente con estudios previos que sugieren que el alto conocimiento previo es un factor que reduce los efectos de la carga cognitiva y el aprendizaje multimedia (Fiorella y Mayer, 2021; Mayer, 2020; Mayer y Fiorella, 2022; Wang y Adesope, 2016).

Este resultado es explicable por la teoría de la carga cognitiva (Sweller, 2024). Mientras que la memoria de trabajo es altamente limitada cuando los estudiantes procesan nueva información, no hay límites cognitivos cuando procesan información ya conocida y organizada en la memoria a largo plazo. Una vez que la información ha sido adquirida (i.e., este es el propósito de la enseñanza), los estudiantes amplían sus capacidades cognitivas con las cuales pueden aprovechar mejor la información que encuentran en el entorno externo (e.g., materiales de estudio) para generar acciones apropiadas para ese entorno. En otras palabras, los estudiantes avanzados utilizaron su capacidad cognitiva extendida y sus estructuras cognitivas previas para evitar elementos de información seductores e identificar los elementos de información más relevantes del material de estudio para una adquisición más efectiva (Sánchez y Wiley, 2006).

DISCUSIÓN GENERAL

La educación en línea es posible gracias al desarrollo de tecnologías y formatos de presentación de información. El fácil acceso y gestión de herramientas digitales actuales permiten la creación de entornos altamente atractivos que pueden ser incorporados en los cursos virtuales (Miralles Martínez et al., 2019). Sin embargo,

las capacidades cognitivas limitadas de los estudiantes no difieren de lo que eran antes del advenimiento de los desarrollos tecnológicos actuales (Nairne, 2022). Por lo tanto, es crucial que los diseños de entornos educativos, para ser efectivos en términos de logro académico, consideren cómo los elementos multimedia afectan el procesamiento de la información que se necesita aprender. El presente estudio tuvo como objetivo explorar el principio de coherencia en el aprendizaje de matemáticas en línea.

El primer estudio exploró si una lección multimedia con gráficos instructivos mejora los resultados del aprendizaje de matemáticas en línea en comparación con lecciones con gráficos seductores o sin gráficos en una sesión de videoconferencia sincrónica. Estos resultados son consistentes con los estudios previos sobre el efecto de detalles instructivos y seductores (Garner et al., 1989; Rey, 2014; Sundararajan y Adesope, 2020). Los materiales con gráficos instructivos y sin gráficos fueron más efectivos porque parecían influir en la creación de una representación mental más coherente del contenido matemático en condiciones de aprendizaje en línea. Los resultados de la medición del esfuerzo mental sugieren que incluso los materiales sin gráficos imponen una carga cognitiva equivalente a los gráficos instructivos y seductores. Sin embargo, el esfuerzo mental igual resultó en una eficiencia menor en materiales con detalles seductores.

El segundo estudio examinó si el conocimiento previo (i.e., estudiantes principiantes y avanzados) modera los resultados del aprendizaje. Los análisis mostraron que el efecto de los detalles seductores y decorativos es relevante para los estudiantes principiantes, lo cual es consistente con los estudios previos (Rey, 2012; Sundararajan y Adesope, 2020; Wang y Adesope, 2016). Parece que la inclusión de gráficos instructivos y decorativos contribuye a la elaboración de una mejor representación mental del material matemático en comparación con el material con gráficos seductores. Los gráficos instructivos fueron diseñados y utilizados para complementar la información verbal y numérica, imponiendo así una carga cognitiva intrínseca durante el procesamiento del material. Es probable que esta carga haya mejorado la comprensión y fomentado una mejor adquisición en la memoria a largo plazo.

El efecto positivo de los gráficos decorativos podría interpretarse desde la teoría cognitivo-emocional del aprendizaje multimedia que destaca los aspectos emocionales del procesamiento cognitivo (Mayer y Estrella, 2014; Plass y Kalyuga, 2019). Los gráficos decorativos pueden haber aumentado la motivación e interés del estudiante para entender el material esencial y, por lo tanto, fomentar procesos de aprendizaje más profundos que conduzcan a mejores resultados de aprendizaje (Magner et al., 2014; Mikheeva et al., 2021). Los resultados para los estudiantes avanzados también fueron consistentes con la literatura previa (Bender et al., 2021; Fries et al., 2019). Parece que los estudiantes avanzados aprovechan sus esquemas previos y su capacidad cognitiva extendida para evitar elementos seductores y centrarse en los elementos relevantes del material (Sanchez y Wiley, 2006).

Similar al primer experimento, los resultados del segundo estudio se obtuvieron a través de presentaciones digitales de matemáticas utilizando programas de transmisión sincrónica comúnmente utilizados en la educación en línea actual. Además, es común que los estudiantes en clases en línea tengan niveles variados de conocimiento previo sobre el material de aprendizaje. Por lo tanto, estos resultados podrían generalizarse a condiciones de aprendizaje en línea que requieren procesamiento matemático tanto para estudiantes principiantes como avanzados.

En conclusión, el efecto negativo de los detalles seductores inhibe el aprendizaje de matemáticas en clases multimedia a través de videoconferencias. Las lecciones multimedia en línea o sincrónicas que incluyen gráficos instructivos mejoran el rendimiento del estudiante en comparación con clases con gráficos seductores. Del mismo modo, los gráficos decorativos fomentan más aprendizaje en comparación con los gráficos seductores, tal vez porque aumentan la motivación e interés. Sin embargo, la superioridad de estos gráficos solo se observó entre los estudiantes principiantes. Cuando los estudiantes ya tienen conocimiento previo del material, los gráficos seductores no son relevantes ya que parecen ser ignorados por los estudiantes avanzados (Sanchez y Wiley, 2006).

Una limitación de nuestros estudios fue que no se incluyeron mediciones independientes de carga cognitiva (i.e., intrínseca o asociada al material esencial, y ajena o asociada al material seductor/decorativo). Si bien los experimentos fueron concebidos desde la perspectiva de la carga cognitiva y el primer estudio incluyó una medición del esfuerzo mental, actualmente existen otros métodos para estimar la carga cognitiva asociada al material de aprendizaje (Skulmowski, 2023). Una limitación adicional es que nuestro estudio no consideró fuentes específicas de carga ajena, como las cámaras de los estudiantes, imágenes estáticas de perfil, sonidos ambientales, entre otros, que son comunes en plataformas de videoconferencia como Microsoft Teams o Zoom.

Los futuros estudios deberían replicar estos experimentos incluyendo, por ejemplo, mediciones de movimientos oculares mientras los estudiantes trabajan en línea en computadoras (Bender et al., 2021; Stark et al., 2018). Otra limitación fue la falta de evaluaciones de transferencia de aprendizaje. Aunque no está claro si los resultados de las evaluaciones de transferencia de aprendizaje son un buen indicador de conocimiento adquirido porque los esquemas no se generalizan fácilmente a diferentes condiciones incluso dentro del mismo dominio (Tricot y Sweller, 2014), los futuros estudios podrían incluir mediciones de la aplicación de conceptos matemáticos en condiciones similares, ya sea inmediatamente o días después de la enseñanza multimedia (i.e., conocimiento a largo plazo).

Estos estudios tienen implicaciones claras para la práctica educativa. El diseño de materiales multimedia y entornos en línea debe considerar las capacidades y limitaciones tanto de estudiantes principiantes como avanzados. Esto implica incorporar pruebas de conocimientos previos y adaptar los materiales multimedia en consecuencia. Las plataformas actuales a menudo incluyen módulos de cuestionarios

que pueden configurarse para guiar a los estudiantes en la selección de materiales en función de sus puntuaciones de rendimiento. Por ejemplo, se podría establecer que, si un estudiante no alcanza cierto nivel en un tema de matemáticas, se recomienden materiales con gráficos instructivos.

Otra implicación educativa es utilizar detalles seductores con cautela, particularmente para estudiantes avanzados. Este trabajo y la literatura previa indican consistentemente que los estudiantes avanzados parecen verse menos afectados por los gráficos seductores. Puede ser beneficioso proporcionar materiales de matemáticas con algunos gráficos seductores, o alternativamente, ofrecer materiales más complejos (i.e., nueva información) con detalles decorativos mínimos. Dadas las posibles dificultades para alcanzar altos estándares de rendimiento en matemáticas, aprovechar la mayor capacidad cognitiva de los estudiantes avanzados puede ser ventajoso para avanzar en el programa educativo con materiales diseñados para evocar emociones positivas (Plass y Kalyuga, 2019).

REFERENCIAS

- Bender, L., Renkl, A. y Eitel, A. (2021). When and how seductive details harm learning. A study using cued retrospective reporting. *Applied Cognitive Psychology*, 35(4), 948-959. <https://doi.org/10.1002/acp.3822>
- Castro-Alonso, J. C., De Koning, B. B., Fiorella, L. y Paas, F. (2021). Five strategies for optimizing instructional materials: Instructor- and learner-managed cognitive load. *Educational Psychology Review*, 33(4), 1379-1407. <https://doi.org/10.1007/s10648-021-09606-9>
- Chen, O., Woolcott, G. y Sweller, J. (2017). Using cognitive load theory to structure computer-based learning including MOOCs. *Journal of Computer Assisted Learning*, 33(4), 293-305. <https://doi.org/10.1111/jcal.12188>
- Clark, R. C. y Mayer, R. E. (2024). *e-Learning and the science of Instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (5th ed.). Wiley.
- Downes, S. (2022). Newer theories for digital learning spaces. En *Handbook of Open, Distance and Digital Education* (pp. 1-18). Springer. https://doi.org/10.1007/978-981-19-0351-9_8-1
- Field, A. (2024). *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics* (6th ed.). SAGE.
- Fiorella, L. (2023). Making sense of generative learning. *Educational Psychology Review*, 35(2). <https://doi.org/10.1007/s10648-023-09769-7>
- Fiorella, L. y Mayer, R. E. (2021). Principles for reducing extraneous processing in multimedia learning: Coherence, signaling, redundancy, spatial contiguity, and temporal contiguity principles. En L. Fiorella y R. E. Mayer (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3rd ed., pp. 185-198). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.019>
- Forsberg, A., Guitard, D., Adams, E. J., Pattanakul, D. y Cowan, N. (2021). Children's long-term retention is directly constrained by their working memory capacity limitations. *Developmental science*, 25(2), Article e13164. <https://doi.org/10.1111/desc.13164>
- Fries, L., DeCaro, M. S. y Ramirez, G. (2019). The lure of seductive details during lecture learning. *Journal of Educational*

- Psychology*, 111(4), 736-749. <https://doi.org/10.1037/edu0000301>
- Garner, R., Gillingham, M. G. y White, C. S. (1989). Effects of 'seductive details' on macroprocessing and microprocessing in adults and children. *Cognition and Instruction*, 6(1), 41-57. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0601_2
- Haleem, A., Javaid, M., Qadri, M. A. y Suman, R. (2022). Understanding the role of digital technologies in education: A review. *Sustainable Operations and Computers*, 3, 275-285. <https://doi.org/10.1016/j.susoc.2022.05.004>
- Harp, S. F. y Mayer, R. E. (1997). The role of interest in learning from scientific text and illustrations: On the distinction between emotional interest and cognitive interest. *Journal of Educational Psychology*, 89(1), 92-102. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.89.1.92>
- Hoogerheide, V., Renkl, A., Fiorella, L., Paas, F. y Van Gog, T. (2019). Enhancing example-based learning: Teaching on video increases arousal and improves problem-solving performance. *Journal of Educational Psychology*, 111(1), 45-56. <https://doi.org/10.1037/edu0000272>
- Jiang, D., Chen, O., Han, Y. y Kalyuga, S. (2023). Improving English language skills through learning Mathematics contents: From the expertise reversal effect perspective. *British Journal of Educational Psychology*, 93(S2), 386-401. <https://doi.org/10.1111/bjep.12596>
- Kalyuga, S. (2021). The expertise reversal principle in multimedia learning. En R. E. Mayer y L. Fiorella (Eds.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (pp. 171-181). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.017>
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P. y Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_4
- Kintsch, W. (1980). Learning from text, levels of comprehension, or: Why anyone would read a story anyway. *Poetics*, 9(1), 87-98. [https://doi.org/10.1016/0304-422X\(80\)90013-3](https://doi.org/10.1016/0304-422X(80)90013-3)
- Korbach, A., Brünken, R. y Park, B. (2016). Learner characteristics and information processing in multimedia learning: A moderated mediation of the seductive details effect. *Learning and Individual Differences*, 51, 59-68. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2016.08.030>
- Lehmann, J. A. M. y Seufert, T. (2017). The influence of background music on learning in the light of different theoretical perspectives and the role of working memory capacity. *Frontiers in Psychology*, 8, 1902. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2017.01902>
- Lindner, M. A. (2020). Representational and decorative pictures in science and mathematics tests: Do they make a difference? *Learning and Instruction*, 68, Article 101345. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2020.101345>
- Magner, U. I. E., Schwonke, R., Alevin, V., Popescu, O. y Renkl, A. (2014). Triggering situational interest by decorative illustrations both fosters and hinders learning in computer-based learning environments. *Learning and Instruction*, 29, 141-152. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2012.07.002>
- Mayer, R. E. (2012). Information processing. En K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra y J. Sweller (Eds.), *APA educational psychology handbook: Theories, constructs, and critical issues* (Vol. 1, pp. 85-99). American Psychological Association. <https://doi.org/10.1037/13273-004>
- Mayer, R. E. (2019). Taking a new look at seductive details. *Applied Cognitive Psychology*, 33(1), 139-141. <https://doi.org/10.1002/acp.3503>

- Mayer, R. E. (2020). *Multimedia learning* (3th ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.003>
- Mayer, R. E. y Estrella, G. (2014). Benefits of emotional design in multimedia instruction. *Learning and Instruction*, 33, 12-18. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.02.004>
- Mayer, R. E. y Fiorella, L. (2022). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (3th ed.). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108894333.003>
- Mayer, R. E., Griffith, E., Jurkowitz, I. T. y Rothman, D. (2008). Increased interestingness of extraneous details in a multimedia science presentation leads to decreased learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14(4), 329-339. <https://doi.org/10.1037/a0013835>
- Mayer, R. E. y Jackson, J. (2005). The case for coherence in scientific explanations: Quantitative details can hurt qualitative understanding. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 11(1), 13-18. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.11.1.13>
- Mikheeva, M., Schneider, S., Beege, M. y Rey, G. D. (2021). The influence of affective decorative pictures on learning statistics online. *Human Behavior and Emerging Technologies*, 3(3), 401-412. <https://doi.org/10.1002/hbe2.250>
- Miralles Martínez, P., Gómez Carrasco, C. J. y Monteagudo Fernández, J. (2019). Percepciones sobre el uso de recursos TIC y «MASS-MEDIA» para la enseñanza de la historia. Un estudio comparativo en futuros docentes de España-Inglatera. *Educación XXI*, 22(2). <https://doi.org/10.5944/educxxi.21377>
- Moreno, R. y Mayer, R. E. (2000). A coherence effect in multimedia learning: The case for minimizing irrelevant sounds in the design of multimedia instructional messages. *Journal of Educational Psychology*, 92, 117-125. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.92.1.117>
- Nairne, J. S. (2022). Adaptive education: Learning and remembering with a stone-age brain. *Educational Psychology Review*, 34(4), 2275-2296. <https://doi.org/10.1007/s10648-022-09696-z>
- Noetel, M., Griffith, S., Delaney, O., Harris, N. R., Sanders, T., Parker, P., del Pozo Cruz, B. y Lonsdale, C. (2021). Multimedia design for learning: An overview of reviews with meta-meta-analysis. *Review of Educational Research*, 90(1), 6–23. <https://doi.org/10.3102/00346543211052329>
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T. y Brünken, R. (2011). Does cognitive load moderate the seductive details effect? A multimedia study. *Computers in Human Behavior*, 27(1), 5-10. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2010.05.006>
- Park, S., Kim, M., Lee, Y., Son, C. y Lee, M. (2005). The effects of visual illustrations on learners' achievement and interest in PDA- (Personal Digital Assistant) based learning. *Journal of Educational Computing Research*, 33(2), 173-187. <https://doi.org/10.2190/ELEY-NPQN-OWVM-FWOG>
- Plass, J. L. y Kalyuga, S. (2019). Four ways of considering emotion in cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 31(339-359). <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09473-5>
- Renninger, K. A. y Hidi, S. E. (2016). *The power of interest for motivation and engagement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315771045>
- Rey, G. D. (2012). A review of research and a meta-analysis of the seductive detail effect. *Educational Research Review*, 7(3), 216-237. <https://doi.org/10.1016/j.edurev.2012.05.003>
- Rey, G. D. (2014). Seductive details and attention distraction – An eye tracker experiment. *Computers in Human*

- Behavior*, 32, 133-144. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.11.017>
- Richter, J., Wehrle, A. y Scheiter, K. (2021). How the poor get richer: Signaling guides attention and fosters learning from text-graph combinations for students with low, but not high prior knowledge. *Applied Cognitive Psychology*. <https://doi.org/10.1002/acp.3786>
- Sadoski, M. y Paivio, A. (2013). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781410605276>
- Sanchez, C. A. y Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of working memory capacity. *Memory & Cognition*, 34(2), 344-355. <https://doi.org/10.3758/BF03193412>
- Schneider, S., Dyrna, J., Meier, L., Beege, M. y Rey, G. D. (2018). How affective charge and text–picture connectedness moderate the impact of decorative pictures on multimedia learning. *Journal of Educational Psychology*, 110(2), 233-249. <https://doi.org/10.1037/edu0000209>
- Schneider, S., Wirzberger, M. y Rey, G. D. (2018). The moderating role of arousal on the seductive detail effect in a multimedia learning setting. *Applied Cognitive Psychology*. <https://doi.org/10.1002/acp.3473>
- Skulmowski, A. (2023). Guidelines for Choosing Cognitive Load Measures in Perceptually Rich Environments. *Mind, Brain, and Education*, 17(1), 20-28. <https://doi.org/10.1111/mbe.12342>
- Stark, L., Brünken, R. y Park, B. (2018). Emotional text design in multimedia learning: A mixed-methods study using eye tracking. *Computers & Education*, 120, 185-196. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.02.003>
- Sundararajan, N. y Adesope, O. (2020). Keep it coherent: A meta-analysis of the seductive details effect. *Educational Psychology Review*. <https://doi.org/10.1007/s10648-020-09522-4>
- Sung, E. y Mayer, R. E. (2012). When graphics improve liking but not learning from online lessons. *Computers in Human Behavior*, 28(5), 1618-1625. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.026>
- Sweller, J. (2024). Cognitive load theory and individual differences. *Learning and Individual Differences*, 110. <https://doi.org/10.1016/j.lindif.2024.102423>
- Tricot, A. y Sweller, J. (2014). Domain-specific knowledge and why teaching generic skills does not work. *Educational Psychology Review*, 26(2), 265-283. <https://doi.org/10.1007/s10648-013-9243-1>
- Van Gog, T. y Paas, F. (2008). Instructional efficiency: Revisiting the original construct in educational research. *Educational Psychologist*, 43(1), 16-26. <https://doi.org/10.1080/00461520701756248>
- Wang, Z. y Adesope, O. (2016). Does learners' prior knowledge moderate the detrimental effects of seductive details in reading from text? A 2 by 3 study. *International Journal of Instruction*, 9(2), 35-50. <https://doi.org/10.12973/iji.2016.923a>
- Zambrano R., J., Kirschner, F., Sweller, J. y Kirschner, P. A. (2019). Effects of prior knowledge on collaborative and individual learning. *Learning and Instruction*, 63, Article 101214. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.011>

Fecha de recepción del artículo: 1 de diciembre de 2023

Fecha de aceptación del artículo: 15 de marzo de 2024

Fecha de aprobación para maquetación: 12 de abril de 2024

Fecha de publicación en OnlineFirst: 22 de abril de 2024

Fecha de publicación: 1 de julio de 2024