

UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO

Maestría en Educación Tecnología e Innovación

El Principio de la Coherencia en el Aprendizaje de Matemática a Través de Multimedia

Esthela Gabriela Centeno Martínez
Ingeniera Comercial

Elvira Janneth Legarda Márquez
Licenciada en Ciencias de la Educación Mención Comercio y Administración

Dr. Jimmy Zambrano
Director de Trabajo de Titulación

Quito, 20 de Octubre del 2021

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotras, Esthela Gabriela Centeno Martínez y Elvira Janneth Legarda Márquez declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado, calificación profesional, o proyecto público ni privado; y que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.



Esthela Gabriela Centeno Martínez



Elvira Janneth Legarda Márquez

Resumen

La enseñanza remota durante la pandemia ha incrementado el uso de las tecnologías y los materiales multimedia como apoyo de la instrucción. Los estudios en condiciones de laboratorio y en salones de clase han mostrado que el diseño de estos materiales puede imponer carga cognitiva ajena perjudicando el aprendizaje, pero poco se sabe si esto también ocurre en el contexto de la enseñanza remota. Debido a esto, se condujo un estudio de replicación parcial con 154 estudiantes ecuatorianos en el área de matemática usando tres condiciones: ilustraciones con detalles seductores, ilustraciones relevantes y sin ilustraciones. Los resultados presentaron evidencia favorable para la hipótesis de que los estudiantes que aprenden con ilustraciones relevantes tienen más alto desempeño que el grupo de ilustraciones seductoras y sin ilustraciones. No se encontró evidencia para la hipótesis de que el grupo con ilustraciones relevantes invierte más bajo nivel de esfuerzo mental, pero el nivel de eficiencia cognitiva fue más alto. El estudio finaliza discutiendo estos resultados desde la perspectiva del aprendizaje multimedia y la carga cognitiva y se ofrecen recomendaciones para la práctica docente y la indagación futura.

Palabras clave: aprendizaje multimedia, principio de coherencia, detalles seductores, imágenes relevantes, carga cognitiva.

Summary

Remote teaching during the pandemic has increased the use of multimedia technologies and materials to support instruction. Studies in laboratory and classroom conditions have shown that the design of these materials can impose extraneous cognitive load impairing learning. However, it is little known if it also occurs in the context of remote teaching. Due to this factor, a partial replication study was conducted with 154 Ecuadorian students in the area of mathematics using three conditions: illustrations with seductive details, relevant illustrations, and no illustrations. The results presented favorable evidence for the hypothesis that students who learn with relevant illustrations perform higher than the group with seductive illustrations and without illustrations. No evidence was found for the hypothesis that the group with relevant illustrations invests a lower level of mental effort, but the level of cognitive efficiency was higher. The study ends by discussing these results from the perspective of multimedia learning and cognitive load and offers recommendations for teaching practice and future inquiry.

Keywords: multimedia learning, coherence principle, seductive details, relevant images, cognitive load.

Introducción

La matemática representa un conjunto de competencias básicas que se aprenden durante periodo de escolarización obligatoria (Núñez et al., 2005). En la actualidad existe preocupación, por el incremento de estudiantes que demuestran actitudes negativas hacia la asignatura de matemática, debido a la dificultad que tienen para comprenderla, utilizar dichos conocimientos y la poca utilidad que suponen para su vida cotidiana (Cockcroft, 1985; Núñez et al., 2005). Por tal razón, los investigadores educativos, docentes y autoridades están en la constante búsqueda de estrategias y medios que permitan mejorar la metodología de enseñanza para elevar el desempeño matemático. Los materiales multimedia se han visto como medios que pueden facilitar el aprendizaje de la matemática, pero al parecer las ilustraciones, animaciones u otros objetos podrían perjudicar el proceso de aprendizaje cuando incluyen elementos parcial o totalmente ajenos al contenido matemático. Este efecto negativo se llama ‘detalle seductor’ (Harp & Mayer, 1997; Mayer et al., 2001). Sin embargo, el efecto del detalle seductor se ha estudiado muy poco en tareas de matemática y en condiciones de enseñanza remota. A continuación, se presenta una revisión del efecto de los detalles seductores en el aprendizaje multimedia de la matemática, así como un estudio para probar las hipótesis en términos de desempeño, esfuerzo mental y eficiencia cognitiva.

Desempeño Matemático

En los últimos años, los reportes de educación expuestos por organismos internacionales han revelado que la competencia matemática es un área crítica en el proceso educativo debido a que los estudiantes tienen un menor rendimiento en comparación con otras ciencias (OCDE, 2019). Concretamente, en el Programa para la Evaluación Internacional de Alumnos (PISA) implementado por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE), se

valora las habilidades, destrezas y conocimientos de los educandos mediante la aplicación de tres evaluaciones principales: matemática, lenguaje y ciencias, las cuales se aplican cada 3 años a estudiantes entre 15 y 16 años. En la prueba PISA 2018 participaron 79 países, la participación de América Latina no fue satisfactoria, ya que los estudiantes evaluados obtuvieron una calificación promedio de 387 en matemática, este puntaje es inferior al nivel 2 (420 puntos) (OCDE, 2019).

Las causas que pueden originar un bajo rendimiento en la competencia matemática pueden ser varias, las mismas que se pueden clasificar en factores externos e internos. Los factores externos pueden ser la infraestructura, el material didáctico, la cantidad de estudiantes por aula, la formación del docente (Fuller, B., & Clarke, 1994). Entre los factores internos se pueden considerar aspectos cognitivos, la carga que impone el material de aprendizaje, las estrategias metacognitivas, de personalidad, entre otros (Requena, 2008). Se asume que estos factores podrían repercutir de manera directa o indirecta en el desarrollo de la competencia matemática. Es por ello que en esta investigación se abordará el efecto del detalle seductor en los materiales multimedia de aprendizaje.

El proceso de enseñanza aprendizaje de matemática es el desarrollo de construcciones mentales asociadas con conceptos, relaciones, transformaciones, nomenclatura y axiomas, que empieza con la meditación, entendimiento, elaboración y valoración de las actividades didácticas que favorecen la adquisición y desarrollo de actitudes y habilidades del individuo por medio de la aplicación de metodologías apropiadas que contribuyan de forma efectiva y eficiente con dicho proceso (Herrera et al., 2012; Macías, 2007). Los procesos de enseñanza - aprendizaje en el área de matemática junto con las herramientas multimedia permiten modelar el pensamiento

del estudiante de tal manera que se adapten entre las ideas intuitivas y los conceptos formales (Macías, 2007).

Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia

La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia representa la arquitectura cognitiva humana (Sweller, 2008), que incluye los aspectos que componen la mente humana (Figura 1). Según la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, la enseñanza tiene como base la representación mediante la generación de imágenes y texto como una presentación multimedia. Esta información se divide en tres estructuras: (1) una memoria sensorial, que se percibe a través de los sentidos, es decir de manera visual que se representa mediante gráficos o texto y de manera auditiva que se representa mediante sonidos, estas se mantienen como imágenes visuales durante un periodo de tiempo breve. (Loter, 2012; Mayer, 2020). (2) una memoria de trabajo, que se utiliza para mantener y manipular temporalmente el conocimiento en la conciencia activa, la memoria de trabajo recibe información del entorno a través de los sentidos y dependiendo del tipo de estímulo que se reciba dicha información será procesada por el cerebro del individuo, el procesamiento será visual cuando se perciba la información mediante gráficos o textos y de forma auditiva cuando se perciba mediante sonidos (Loter, 2012; Mayer, 2020). Por último, (3) una memoria de largo plazo, que corresponde al almacén de conocimientos del alumno, esta puede contener grandes cantidades de información durante un periodo de tiempo largo (Mayer, 2020).

Diferentes hallazgos han demostrado que aunque el texto ilustrado puede mejorar el aprendizaje, agregar detalles seductores pueden interferir con el proceso de construcción del conocimiento, lo que puede generar malos resultados en el aprendizaje (Garner et al., 1992; Mayer, 2020). La noción detrás del efecto de seducción es que al agregar información adicional e

irrelevante a un texto, la comprensión del texto en su conjunto se reducirá (Harp & Mayer, 1997).

Los estudiantes pueden comprender mejor cuando se presentan palabras e imágenes, que solo presentar en palabras (Mayer, 2020). De acuerdo con el principio de coherencia, excluir material extraño que no es relevante para el objetivo de aprendizaje permite que los alumnos aprendan mejor (Harp & Mayer, 1997; Mayer et al., 2001). La teoría de la excitación sugiere que incluir material interesante pero irrelevante estimula a los alumnos para que presten más atención y se sientan estimulados por los detalles seductores (Mayer, 2020). No obstante, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia muestra que al incluir detalles seductores en la lección puede interferir con el proceso de construcción del conocimiento (Mayer, 2020).

Figura 1

Modelo Cognitivo del Aprendizaje Multimedia (Mayer 2020)



La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia asume que los detalles seductores afectan a la atención de tres maneras. (1) Se altera la selección cuando el individuo observa segmentos poco importantes del material. (2) Se perturba de la organización cuando en la ilustración se interfirieren la conexión de una idea con otra. (3) Se perjudica la integración, incentivando la

generación de pensamientos erróneos en la memoria de largo plazo, lo cual impide al individuo organizar las ideas de manera eficiente. Por lo tanto, la codificación del texto se desvía del objetivo principal de la lección (Mayer et al., 2008).

El Efecto del Detalle Seductor

Garner, Gillingham y White (1989) sostienen que el detalle seductor puede captar la atención del individuo, sin embargo la comprensión del texto disminuye en los temas importantes de la lección. Varios investigadores se han visto atraídos con el propósito de estudiar sus efectos en el contexto educativo. Un pobre diseño con detalles seductores se puede ver cuando se presentan imágenes, textos y sonidos creyendo que estos dan como resultado un mejor rendimiento en el proceso de aprendizaje, tanto en el recuerdo como en la transferencia (Rey, 2012).

El efecto de detalle seductor hace referencia al impacto negativo sobre la comprensión al incluir imágenes atractivas, pero irrelevantes (Rey, 2012; Saux, Azcurra, Bujan, & Burin, 2013). Diversos estudios encontraron que el efecto es mediado por diferencias individuales como la capacidad de asignar los recursos atencionales en cada individuo (Chang & Choi, 2014; Sanchez & Wiley, 2006), conocimiento previo, motivación y uso de estrategias (Wang, Z., & Adesope, 2016).

La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Mayer, 2005), manifiesta que una imagen mental integrada es el resultado del procesamiento conjunto de información lingüística y gráfica. Pero al añadir estas representaciones gráficas, pueden perjudicar el proceso de aprendizaje. Recientemente, se han planteado tres variantes para presentaciones multimedia en el contexto educativo, las cuales pueden cambiar según su relevancia e interés, produciendo diferentes efectos en el procesamiento de información. Estas son las ilustraciones efectivas (i.e. se

describen como gráficos e imágenes de carácter ilustrativo relevante para el objetivo de la lección), las imágenes seductoras (se presentan como información que podría resultar útil cuando verdaderamente no lo es, desviando la atención del principal objetivo del proceso de aprendizaje) y las ilustraciones decorativas (son gráficos neutros e irrelevantes).

Los hallazgos de teorías ya existentes indagan los métodos subyacentes según los individuos entienden las palabras y gráficos. En la teoría de codificación dual de Allan Paivio (1990), se plantea la idea de que la formación de imágenes mentales ayuda al proceso de aprendizaje; es decir que si se logra asociar de manera efectiva la información verbal con imágenes visuales se potencia el aprendizaje. Las tres conclusiones principales que se pueden obtener de esta teoría son: (1) el canal de información visual tiene un efecto potenciador sobre la memoria en comparación con el canal de información verbal (2) Si el canal de información verbal y visual se combinan de manera efectiva, la capacidad de retentiva del cerebro es mayor (3) en el uso del canal verbal se debe tener en cuenta que las palabras que aluden a conceptos concretos se recuerdan mejor que los conceptos abstractos (Paivio, 1990; Sadoski & Paivio, 2013).

La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia (Mayer, 2005) y la teoría de la carga cognitiva (Sweller, 2010; Sweller et al., 2019b) se han convertido en puntos de partida para plantear conjeturas en diferentes investigaciones; una de estas suposiciones menciona que el exceso de información afectará a la memoria de trabajo que es limitada; esta presunción de sobrecarga cognitiva se sustenta en el principio de coherencia el cual menciona que las personas aprenden mejor cuando las imágenes, palabras o sonidos que carecen de relevancia se eliminan del material de multimedia (Mayer, 2005). Los hallazgos obtenidos en varias investigaciones

corroboran que emplear detalles cautivadores e irrelevantes son contraproducentes en el aprendizaje (Rey, 2012).

Diversas investigaciones se han realizado con el afán de conocer los efectos de los detalles seductores en el proceso de enseñanza aprendizaje. Este es el caso de la investigación efectuada por Saux, Burin y Irrazabal (2015), los cuales examinaron los efectos de los detalles seductores en estudiantes con bajo conocimiento previo en el proceso físico-químico para elaborar un aerogel (ciencia química). Esta investigación se realizó en una universidad pública de Sudamérica en la cual intervinieron 147 estudiantes. El diseño de investigación fue cuasi experimental dirigida a tres grupos. Los integrantes fueron elegidos de manera aleatoria, los cuales recibieron material con texto expositivo en una de las siguientes tres condiciones: (1) texto con detalle seductor verbal (2) texto con detalle seductor verbal e imagen seductora inscrita en el mismo texto y (3) texto con detalle seductor verbal e imagen relevante.

Las hipótesis planteadas en la investigación fueron: la inserción de una imagen pictórica con detalle seductor verbal causará un rendimiento más bajo en tareas que evalúen la representación textual al cotejar con la lectura del mismo texto sin añadir una imagen pictórica (H1). La inserción de una imagen pictórica relevante al contenido presentado en el texto, reducirá el efecto seductor del detalle verbal, ocasionando un rendimiento más alto en tareas que evalúen la representación textual, al cotejar con la lectura del mismo texto sin agregar una imagen pictórica (H2).

Los resultados que la investigación arrojó, al momento de emplear detalles seductores en multimedia, fue: que los estudiantes enfocaron su atención en información irrelevante, su capacidad de recordar fue menor y hubo mayor número de errores en la verificación de enunciados en comparación con los otros grupos de partícipes. Se podría decir que elegir

imágenes pictóricas con detalle seductor causa un mayor detrimento en el procesamiento cognoscitivo del individuo, inclusive al cotejar con detalles seductores únicamente verbales, verificando así la primera hipótesis planteada.

En relación con la segunda hipótesis, se pudo evidenciar que los estudiantes expuestos al material con imágenes pictóricas relevantes recordaron más aspectos importantes del texto en comparación a las otras dos condiciones, pero al contrastar los resultados en señalización de respuestas y en el número de errores obtenidos en el control de frases, obtuvieron similares resultados que los partícipes expuestos a un material con detalle solo verbal. Este particular podría ser considerado como prueba, que las ilustraciones diseñadas para impulsar y mejorar la comprensión del mensaje tienen la capacidad de disminuir los efectos negativos de los detalles seductores verbales, en especial al realizar tareas relacionadas con la memoria. Sin embargo, esta declaración necesita una mayor investigación, puesto que con ello se podría demostrar que el empleo de imágenes pictóricas de contenidos relevantes en un material que tiene a su vez detalles seductores verbales, puede ser beneficioso para mejorar la capacidad de memoria y recuerdo de contenidos, pero no para integrar y transferir la información de los mismos.

Otra investigación enfocada en el efecto de detalles seductores es la realizada por Sánchez y Wiley (2006) los cuales hicieron una revisión del detalle seductor en función de capacidad de memoria de trabajo en la cual participaron 72 estudiantes de la Universidad de Illinois en Chicago del curso de psicología.

El diseño de investigación fue cuasi experimental dirigida a seis grupos. Los integrantes fueron elegidos de manera aleatoria, los cuales recibieron material con texto expositivo cuyo tema se refería a las causas de las glaciaciones, este se presentó en formato de página web y se subdividió en 13 páginas discretas (cada una de las cuales tenía un subtítulo de tema específico).

Se utilizó enlaces incrustados en la parte inferior de cada una de las páginas, esto les permitió avanzar a la página inmediatamente anterior o siguiente. Por lo que tuvieron una restricción que no se les permitió avanzar ni hacia adelante ni hacia atrás en el texto en más de una página. El texto tenía aproximadamente 2.700 palabras.

Para el estudio se escogió a 2 tipos de estudiantes: (T1) estudiantes con baja capacidad de memoria de trabajo (36 estudiantes, distribuidos 12 en cada condición) (T2) estudiantes con alta capacidad de memoria de trabajo (36 estudiantes, distribuidos 12 en cada condición). Además, se usó tres condiciones: (1) texto que no estaba ilustrado (2) texto ilustrado con imágenes relevantes (3) texto ilustrado con imágenes seductoras, lo que dio a lugar a 6 condiciones de aprendizaje.

Las hipótesis planteadas en la investigación fueron: La capacidad de la memoria de trabajo está conectada con la comprensión del material expositivo en general, pero, además, la influencia de la capacidad de la memoria de trabajo sería más pronunciada en la condición de ilustraciones seductoras que en las otras condiciones. Por tal razón, es posible que las personas con baja capacidad de memoria de trabajo no puedan mantener su objetivo original de comprensión frente a información interesante e irrelevante. (H1). Se espera que las personas con alta capacidad de memoria deberían ser más capaces de lidiar con la interferencia proporcionada por detalles seductores mientras procesan un texto. Por lo tanto, uno esperaría que las personas con alta capacidad de memoria de trabajo muestren poco o ningún efecto de seducción, debido a su mayor capacidad para controlar su atención (H2). Las ilustraciones en ocasiones pueden llevar a malos resultados de aprendizaje cuando no son relevantes para comprender el material. Por consiguiente, se cree que las ilustraciones relevantes, serán un facilitador de comprensión tanto para los estudiantes con baja y alta capacidad de memoria de trabajo (H3).

Antes de leer el texto expositivo, se obtuvo que, todas las materias completaron una evaluación de conocimientos previos en papel y lápiz. El conocimiento previo y la experiencia educativa de los sujetos se evaluaron mediante cuatro preguntas que evaluaron la escolarización previa y la familiaridad con el tema y también pidiéndoles a los sujetos que escriban un argumento preliminar sobre las causas de las glaciaciones, incluso si sabían muy bien poco sobre las causas de la edad de hielo. Las cuatro preguntas fueron valoradas por los sujetos, en una escala del 1 al 7 (1 siendo nada y 7 siendo mucho), su conocimiento de (1) las causas de la edad de hielo, (2) geología, (3) astronomía, y (4) sistemas meteorológicos globales (meteorología).

Después de que los sujetos terminaron de leer el material expositivo, se les pidió que escribieran un argumento sobre el tema ¿qué causa la Edad de Hielo? ". Este ensayo argumentativo se evaluó en términos del número total de factores correctos que se recordaron. A los sujetos también se les pidió que completaran una tarea de verificación de inferencia que se presentó en la computadora, que consistía en 25 declaraciones que representaban posibles inferencias (tanto correctas como incorrectas) que podían extraerse del texto. Cada una de estas declaraciones se presentó individualmente, y los sujetos fueron instruidos para evaluar la exactitud de cada una de las declaraciones respondiendo verdadero o falso lo más rápido posible. Por cada inferencia correcta e incorrecta identificada adecuadamente, los sujetos recibieron un solo punto. Se calculó una puntuación general para la tarea de verificación de inferencia, y los niveles más altos de rendimiento indicaron una mayor capacidad para identificar inferencias correctas e incorrectas.

Los resultados de la investigación infieren que la capacidad de la memoria de trabajo de una persona influye en la comprensión del material expositivo cuando este presenta detalles seductores irrelevantes. Particularmente, existió poca diferencia en el aprendizaje de los grupos

de baja y alta capacidad de la memoria de trabajo en las condiciones no ilustradas y las ilustraciones conceptualmente relevantes; sin embargo, existió evidencia del efecto seductor en los grupos que tenían baja capacidad de memoria de trabajo y que fueron expuestos a material que contenía ilustraciones seductoras irrelevantes, estos resultados confirmaron la primera hipótesis planteada. Una explicación de este hallazgo, es que la presencia de información seductora e irrelevante ocasionó que los estudiantes que poseían una baja capacidad de memoria de trabajo fijasen su atención en los detalles de seducción en vez de centrarse en la información relevante.

Por otro lado, la investigación arrojó resultados imprevisibles, ya que, los estudiantes con alta capacidad de memoria de trabajo, no solo mantuvieron su atención en la información relevante; sino, que estas ilustraciones les favorecieron al momento de realizar la verificación de inferencia, lo que corrobora de forma parcial la segunda hipótesis.

Finalmente, los estudiantes con baja y alta capacidad de memoria de trabajo que tuvieron ilustraciones conceptualmente relevantes, en su material expositivo; no tuvieron algún tipo de beneficio en el aprendizaje. Este hallazgo causa asombro, ya que, existen investigaciones que han demostrado que las ilustraciones conceptualmente relevantes favorecen el proceso de aprendizaje (Mayer & Gallini, 1990)

El Presente Estudio

Como se pudo apreciar, no existen estudios suficientes que indiquen realmente el efecto de los detalles seductores en el aprendizaje de tareas de matemática, y menos aún en entornos virtuales. Con ello se destacan las limitaciones de la investigación actual y se abren un abanico de oportunidades para investigaciones futuras. La hipótesis de que el procesamiento de las imágenes afecta mejorando (i.e., imágenes relevantes) o reduciendo (i.e., imágenes seductoras) el

desempeño académico se puede extender al aprendizaje de la matemática. El aprendizaje de tareas o problemas matemáticos se suele caracterizar por la combinación de palabras y signos numéricos que deben ser comprendidos simultáneamente para poder resolver el problema. Las imágenes pueden ayudar a comprender mejor cuando estas representan la relación de las palabras y símbolos matemáticos que se deben aprender.

Las imágenes que presentan información que no está relacionada con la tarea, o que además involucran la evocación emociones no relacionadas con la tarea, podrían interferir con la integración y comprensión del material de aprendizaje. Debido a esto, quizás sea mejor no presentar imágenes, a fin de que los pocos recursos de la memoria de trabajo se dirijan a la integración de las palabras y símbolos matemáticos, así como en la solución del problema en cuestión. La reducción de la carga cognitiva asociada al procesamiento ajeno de imágenes seductoras podría detectarse a través de puntuaciones más bajas de esfuerzo mental, y puntuaciones más altas de desempeño y de eficiencia (i.e., combinación de esfuerzo mental y desempeño).

El presente estudio se basa en el principio de coherencia del aprendizaje multimedia, específicamente el efecto de imágenes seductoras, aplicado en las tareas de matemática. Las hipótesis son: los estudiantes que aprenden con ilustraciones relevantes tienen más alto nivel de desempeño (H1), más bajo nivel de esfuerzo mental (H2) y consecuentemente más alto nivel de eficiencia cognitiva (H3) que quienes estudian con ilustraciones seductoras. Asimismo, se esperaba que los estudiantes que aprenden sin ilustraciones tengan más alto desempeño (H4), más bajo esfuerzo mental (H5) y más alta eficiencia (H6) que quienes estudian con ilustraciones seductoras.

Método

Participantes

El estudio se realizó con 154 estudiantes ecuatorianos de 9° y 10° año de educación general básica de un centro educativo del cantón Rumiñahui, Ecuador. El estudio fue parte de la asignatura de Matemática; en el estudio participaron 80 hombres y 74 mujeres ($M = 14.18$ años, $SD = .80$). Los participantes no habían recibido enseñanza del tópico usado en el estudio lo cual se corroboró con pre-test. Se contó con la colaboración de la docente de matemática y tutores. Las autoridades de la unidad educativa y los representantes legales fueron informados del procedimiento.

Diseño y Procedimiento

La presente investigación se llevó a cabo a través de la herramienta Teams de Microsoft. El diseño tuvo tres condiciones de ilustración: sin detalle seductor, con detalle seductor y con detalle relevante. Todos los educandos escogidos de cada grupo leen un material expositivo idéntico sobre el volumen de cuerpos sólidos, que no fue ilustrado, ilustrado con imágenes conceptualmente relevantes, o ilustrado con imágenes seductoras. Los sujetos de estudio fueron compensados con un trabajo de recuperación en la asignatura de matemática.

Antes de que los sujetos de estudio fueran confrontados al material expositivo, tuvieron que completar una evaluación de conocimientos previos tanto en el programa Google Forms como en papel, con la finalidad de revisar el proceso realizado. El conocimiento previo y la experiencia educativa de los sujetos se evaluaron mediante seis preguntas que valoraron la familiaridad con el tema. Las seis preguntas tuvieron una escala de valor de 0 al 4, cada pregunta tenía diferente puntaje debido a la complejidad del proceso para llegar al resultado.

Posterior a la prueba previa, los sujetos de estudio tuvieron un tiempo determinado para leer y comprender el material expositivo sobre el tema volumen de cuerpos geométricos, el cual

se presentó en formato Power Point y se subdividió en 13 diapositivas (cada una de las cuales tenía un subtítulo de tema específico). Se utilizó un temporizador en cada una de las páginas, bajo el control del docente. El material tenía aproximadamente 1000 caracteres y se estructuró con texto que no estaba ilustrado, ilustrado con imágenes relevantes y con imágenes seductoras, estas ilustraciones hacían referencia al tema tratado, las mismas que fueron seleccionadas por su interés emocional y relevancia.

Después de que los sujetos terminaron de leer el material, se les pidió que resolvieran una segunda evaluación (post test), la evaluación constaba de seis preguntas cuya escala de valor fue de 0 al 4, cada pregunta tenía diferente puntaje debido a la complejidad del proceso para llegar al resultado.

Resultados

Los datos se analizaron con un análisis de varianza entre sujetos (ANOVA). Las variables dependientes fueron el rendimiento, el esfuerzo mental y la eficiencia del aprendizaje. Se utilizó un nivel de significancia de .05 para todos los análisis. La Tabla 1 muestra las medias y las desviaciones estándar para el desempeño, el esfuerzo mental, la eficiencia del aprendizaje. Para los análisis posthoc se usó el ajuste de Bonferroni. La eta parcial cuadrada (η_p^2) se usa como una medida del tamaño del efecto, con valores de .01, .06 y .14, correspondientes a efectos pequeños, medianos y grandes, respectivamente (Cohen, 1992).

Tabla 1

Estadísticos Descriptivos

Condición de Aprendizaje	<i>M</i>	<i>DE</i>
Desempeño		
Detalle seductor	1.94	1.41
Sin detalle seductor	4.49	2.18

Detalle relevante	6.14	2.34
Esfuerzo mental		
Detalle seductor	22.08	4.95
Sin detalle seductor	20.06	5.36
Detalle relevante	20.51	5.03
Eficiencia		
Detalle seductor	-.77	.80
Sin detalle seductor	.19	1.02
Detalle relevante	.57	.99

El ANOVA reveló una diferencia estadísticamente significativa del desempeño, $F(2, 151) 55.12$, $EMC 4.09$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .42$. La prueba de Bonferroni mostró que el grupo que recibió enseñanza con detalles imágenes relevantes tuvo más alto desempeño que quienes aprendieron con imágenes seductoras, $p < .001$, y sin imágenes, $p < .001$. Además, se encontró que quienes aprendieron sin detalles seductores lograron más alto desempeño que quienes aprendieron con detalles seductores $p < .001$.

Concerniente al esfuerzo mental, el ANOVA no mostró diferencias significativas entre las tres condiciones de aprendizaje, $F(2, 151) 2.19$, $EMC 26.23$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .03$, lo cual sugiere que los grupos invirtieron igual nivel de carga cognitiva. Finalmente, con respecto a la eficiencia cognitiva, el ANOVA reveló una diferencia estadísticamente significativa, $F(2, 151) 26.97$, $EMC .889$, $p < .001$, $\eta_p^2 = .26$. La prueba de Bonferroni mostró que el grupo que recibió enseñanza con detalles imágenes relevantes tuvo más alto nivel de eficiencia cognitiva que quienes aprendieron con imágenes seductoras, $p < .001$ pero igual de eficientes que quienes trabajaron con sin detalles seductores, $p = .13$. Además, se encontró que quienes aprendieron sin detalles seductores lograron fueron más eficientes que quienes aprendieron con detalles seductores $p < .001$.

Discusión

El objetivo de estudio fue replicar parcialmente un estudio de Sanchez y Wiley (2006) en el contexto de enseñanza remota en pandemia con estudiantes ecuatorianos en el área de matemática. Se esperaba que los estudiantes que aprenden con ilustraciones relevantes tengan un más alto nivel de desempeño (H1), más bajo nivel de esfuerzo mental (H2) y consecuentemente más alto nivel de eficiencia cognitiva (H3). Los resultados de este estudio apuntan que las ilustraciones relevantes si influyen en la comprensión del material, ya que se evidenció una diferencia significativamente superior en los resultados de desempeño y eficiencia cognitiva, en comparación con los grupos que fueron expuestos a un material sin ilustraciones y con ilustraciones con detalles seductores. Concerniente al esfuerzo mental, los resultados revelaron diferencias significativas entre las tres condiciones de aprendizaje. Una explicación de lo sucedido es que la presencia de ilustraciones con detalles seductores o irrelevantes causó que los estudiantes se centraran menos en la información conceptual relevante contenida en el texto. Los resultados obtenidos en el post test apoyaron la hipótesis de que los individuos de estudio desarrollaron una comprensión más pobre al ser expuestas a un material con detalles seductores o irrelevantes, corroborando así estudios previos que han demostrado que las imágenes conceptuales facilitan de manera confiable el proceso de aprendizaje (Mayer & Gallini, 1990).

De la misma forma, se esperaba que los estudiantes que aprenden sin ilustraciones tengan más alto desempeño (H4), más bajo esfuerzo mental (H5) y más alta eficiencia (H6) que quienes estudian con ilustraciones seductoras, los resultados obtenidos confirman que el desempeño y la eficiencia cognitiva fue superior en los estudiantes que tuvieron material sin ilustraciones en comparación con los estudiantes que tuvieron material con detalles seductores. Referente al

esfuerzo mental, los resultados mostraron diferencias significativas. Debido a la complejidad que puede percibirse por los individuos al emplear material de ciencias sin ilustraciones, como es el caso de la asignatura de matemática, puede notarse el poco interés y la disminución de la eficiencia esperada (Hidi & Renninger, 2010). Frente a este escenario, se suelen incluir ilustraciones con ciertas características como: brevedad, alto interés y baja relevancia, que tratan de incrementar la atracción hacia el material expuesto, en específico cuando se presentan a personas que no cuentan con experticia en el tema. No obstante, esta estrategia puede resultar perjudicial ya que estas ilustraciones tienden a distorsionar o interrumpir los procesos cognitivos, ya que sus capacidades atencionales se dirigen a hacia los elementos interesantes pero irrelevantes.

Este estudio también tiene implicaciones para el diseño de futuros entornos de aprendizaje, ya que sugiere que el material multimedia con ilustraciones seductoras o irrelevantes afectan de forma negativa la comprensión de los individuos. De la misma manera, conforme se expanden las nuevas tecnologías, es importante indagar sobre los efectos que las mismas pueden tener en la comprensión de las personas para poder asociarlos en distintos contextos sociales con el fin de conseguir beneficios significativos en el aspecto cognitivo.

Referencias

- Chang, Y., & Choi, S. (2014). Effects of seductive details evidenced by gaze duration. *Neurobiology of Learning and Memory, 109*, 131–138.
<https://doi.org/10.1016/J.NLM.2014.01.005>
- Cockcroft. (1985). *Las matemáticas sí cuentan: informe Cockcroft - Publicaciones - Ministerio de Educación y Formación Profesional*.
- Cohen, J. (1992). A power primer. *Psychological Bulletin, 112*(1), 155–159.
<https://doi.org/10.1037/0033-2909.112.1.155>
- Garner, R., Brown, R., Sanders, S., & Menke, D. J. (1992). “Seductive details” and learning from text. In & A. K. (Eds. . I. K. A. R. S. Hidi (Ed.), *The role of interest in learning and development* (Lawrence E).
- Garner, R., Gillingham, M. G., & White, C. . S. (1989a). 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
- Garner, R., Gillingham, M. G., & White, C. S. (1989b). 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
- Harp, S. F., & Maslich, A. A. (2005). The Consequences of Including Seductive Details during Lecture. *Teaching of Psychology, 32*(2), 100–103.
https://doi.org/10.1207/S15328023TOP3202_4
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997a). 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>

- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1997b). 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>
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How Seductive Details Do Their Damage: A Theory of Cognitive Interest in Science Learning. *Journal of Educational Psychology, 90*(3), 414–434.
- Herrera, N., Montenegro, W., & Poveda, S. (2012). Revisión teórica sobre la enseñanza y aprendizaje de las matemáticas. *Revista Virtual Universidad Católica Del Norte, 35*(35).
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2010). The Four-Phase Model of Interest Development. https://doi.org/10.1207/S15326985ep4102_4, *41*(2), 111–127.
- https://doi.org/10.1207/S15326985EP4102_4
- Jaeger, A. J., & Wiley, J. (2014). Do illustrations help or harm metacomprehension accuracy? *Learning and Instruction, 34*. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2014.08.002>
- Lehman, S., Schraw, G., McCrudden, M. T., & Hartley, K. (2007a). Processing and recall of seductive details in scientific text. *Contemporary Educational Psychology, 32*(4), 569–587. <https://doi.org/10.1016/J.CEDPSYCH.2006.07.002>
- Lehman, S., Schraw, G., McCrudden, M. T., & Hartley, K. (2007b). Processing and recall of seductive details in scientific text. *Contemporary Educational Psychology, 32*(4), 569–587. <https://doi.org/10.1016/J.CEDPSYCH.2006.07.002>
- Lotero, L. A. A. (2012). Teoría de la carga cognitiva, diseño multimedia y aprendizaje: un estado del arte. *Revista Internacional de Investigación En Educación, 5*(10).
- Macías Ferrer, D. (2007). Las nuevas tecnologías y el aprendizaje de las matemáticas. *Revista Iberoamericana de Educación, 42*(4), 1–17. <https://doi.org/10.35362/rie4242406>
- Mayer, R. (2005). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge Handbook of*

Multimedia Learning, 41, 31–48.

Mayer, R. (2020). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781316941355>

Mayer, R. E. (2014). Cognitive theory of multimedia learning. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition*, 43–71.

<https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.005>

Mayer, R. E., & Fiorella, L. (2014). Principles for Reducing Extraneous Processing in Multimedia Learning: Coherence, Signaling, Redundancy, Spatial Contiguity, and Temporal Contiguity Principles. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning, Second Edition*, 279–315. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139547369.015>

Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When Is an Illustration Worth Ten Thousand Words? *Journal of Educational Psychology*, 82(4), 715–726. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.715>

Mayer, R. E., Griffith, E., Jurkowitz, I. T. N., & 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., Griffith, E., Jurkowitz, I. T. N., & Rothman, D. (2008). Increased Interestingness of Extraneous Details in a Multimedia Science Presentation Leads to Decreased Learning. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 14(4). <https://doi.org/10.1037/a0013835>

Mayer, R., Heiser, J., & Lonn, S. (2001). Cognitive constraints on multimedia learning: When presenting more material results in less understanding. *Journal of Educational Psychology*, 93(1). <https://doi.org/10.1037/0022-0663.93.1.187>

- McCrudden, M. T., & Corkill, A. J. (2010). Verbal ability and the processing of scientific text with seductive detail sentences. *Reading Psychology, 31*(3), 282–300.
<https://doi.org/10.1080/02702710903256486>
- Moreno, R., & Mayer, R. (2007). Interactive Multimodal Learning Environments. *Educational Psychology Review, 19*(3), 309–326. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9047-2>
- Núñez, J. C., González-Pienda, J. A., Alvarez, L., González, P., González-Pumariega, S., Roces, C., Castejón, L., Solano, P., Bernardo, A., & García, D. (2005). Las actitudes hacia las matemáticas: perspectiva evolutiva. *Actas Do VIII Congreso Galaico-Portugués de Psicopedagogía*.
- OCDE. (2019). Informe PISA 2018. *SECRETARÍA GENERAL TÉCNICA*.
- Park, B., Moreno, R., Seufert, T., & 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>
- 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>
- Rowland-Bryant, E., Skinner, C., Skinner, A., Saudargas, R., Robinson, D., & Kirk, E. (2009). Investigating the Interaction of Graphic Organizers and Seductive Details: Can a Graphic Organizer Mitigate the Seductive-Details Effect?. *Research in the Schools, 16*(2).
- Rowland, E., Skinner, C. H., Davis-Richards, K., Saudargas, R., & Robinson, D. H. (2008). An investigation of placement and type of seductive details: The primacy effect of seductive details on text recall. *Research in the Schools, 15*(2), 80–90.
- Sanchez, C. A., & Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of working memory capacity. *Memory & Cognition 2006 34:2, 34*(2), 344–355.

<https://doi.org/10.3758/BF03193412>

- Saux, G., Burin, D., & Irrazabal, N. (2015). Uso estratégico de representaciones pictóricas en un texto de ciencias con un detalle seductor en lectores con bajo conocimiento previo. *Revista Signos*, 48(89), 400–424. <https://doi.org/10.4067/S0718-09342015000300006>
- Sung, E., & Mayer, R. E. (2012). *When graphics improve liking but not learning from online lessons*. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2012.03.026>
- Sweller, J. (2008). Human cognitive architecture. In M. P. D. J. Michael Spector , M. David Merrill , Jeroen Van Merriënboer (Ed.), *Handbook of Research on Educational Communications and Technology* (pp. 369–381).
- Sweller, J. (2010). Element Interactivity and Intrinsic, Extraneous, and Germane Cognitive Load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123–138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019a). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review* 2019 31:2, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/S10648-019-09465-5>
- Sweller, J., van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019b). Cognitive Architecture and Instructional Design: 20 Years Later. *Educational Psychology Review*, 31(2), 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- Towler, A., Kraiger, K., Sitzmann, T., Van Overberghe, C., Cruz, J., Ronen, E., & Stewart, D. (2008). The seductive details effect in technology-delivered instruction. *Performance Improvement Quarterly*, 21(2), 65–86. <https://doi.org/10.1002/PIQ.20023>