

**UNIVERSIDAD DEL PACÍFICO**

**Maestría en Gestión Educativa**

**El Principio de Coherencia en el Aprendizaje de Matemáticas de  
los Estudiantes de EGB**

**Amelia Chelita Bravo Loaiza**

**PH.D Jimmy Zambrano**

**Director de Trabajo de Titulación**

Guayaquil, 27 de septiembre de 2021

**DECLARACION DE AUTORIA**

Yo, Amelia Chelita Bravo Loiza, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mí autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado, calificación profesional, o proyecto público ni privado; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

En caso de que la Universidad auspicie el estudio, se incluirá el siguiente párrafo:

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD DEL PACIFICO, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.



-----  
Amelia Bravo

**El Principio de Coherencia en el Aprendizaje de Matemáticas de los Estudiantes de**

**EGB**

Amelia Bravo L. y Jimmy Zambrano R.

Facultad de Ciencias de la Educación y Derecho, Universidad Del Pacífico Ecuador

**Nota de Autor**

Amelia Bravo, estudiante de la Facultad de Ciencias de la Educación y Derecho  
Universidad Del Pacífico, Ecuador.

Cualquier mensaje con respecto a este artículo debe dirigirse a Amelia Bravo de la  
Universidad Del Pacífico, Ecuador

E-mail: [amelia.bravo@upacifico.edu.ec](mailto:amelia.bravo@upacifico.edu.ec).

### Resumen

Se realizó el estudio de replicación de Sung y Mayer (2012) sobre el principio multimedia, que establece que al agregar gráficos al texto puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes, pero a veces puede producir resultados de bajo aprendizaje cuando los gráficos no son relevante para comprender el texto, el estudio se llevó a cabo con 163 estudiantes, los cuales aprendieron una breve lección de la asignatura de matemática sobre el tema de vectores que contenía gráficos instructivos (i.e., directamente relevantes para el objetivo de aprendizaje), gráficos decorativos (i.e., neutral pero no directamente relevante para el objetivo de aprendizaje) y gráficos seductores (i.e., muy interesantes, pero no directamente relevantes para el objetivo de aprendizaje). La presente investigación examinó si los participantes con nivel de conocimiento bajo tendrían un mejor rendimiento en la prueba posterior después de recibir la instrucción utilizando gráficos instructivos. Los resultados indican que los participantes con nivel de conocimiento bajo pueden tener un mejor rendimiento que los participantes con nivel de conocimiento alto cuando utilizan gráficos instructivos. En general, el efecto del principio de coherencia mejora el aprendizaje de los estudiantes cuando se remueven los gráficos decorativos o seductores que no son relevantes para la lección.

*Palabras clave:* principio multimedia, principio de coherencia, gráficos instructivos, gráficos decorativos, gráficos seductores.

### **Abstract**

The replication study of Sung and Mayer (2012) was carried out on the multimedia principle, which states that adding graphics to text can improve student learning, but can sometimes produce low learning results when graphics are not relevant to understand the text, the study was carried out with 163 students, who learned a short lesson of the mathematics subject on the subject of vectors that contained instructive graphics (i.e., directly relevant to the learning objective), decorative graphics (i.e., neutral but not directly relevant to the learning objective) and seductive graphics (i.e., very interesting, but not directly relevant to the learning objective). The present investigation examined whether participants with a low level of knowledge would perform better on the posttest after receiving instruction using instructional charts. The results indicate that participants with a low level of knowledge may perform better than participants with a high level of knowledge when using instructional graphics. In general, the effect of the coherence principle improves student learning when decorative or seductive graphics that are not relevant to the lesson are removed.

*Keywords:* multimedia principle, coherence principle, instructive graphics, decorative graphics, seductive graphics.

## Introducción

En la actualidad la presencia de las tecnologías de la información y comunicación, está generando profundas transformaciones que va mucho más allá de las herramientas tecnológicas que conforman el entorno educativo, se habla de una construcción didáctica y la manera cómo se pueda construir y consolidar un aprendizaje significativo en base a la tecnología, en los currículos pedagógicos se establece el uso tecnológico en los diferentes niveles educativos (Díaz, 2013). Por lo cual, el surgimiento de nuevas tecnologías y formas de trabajo ha creado la necesidad en los docentes, de desarrollar habilidades y competencias para que puedan utilizar las herramientas tecnológicas de forma efectiva, mediante capacitaciones continuas dentro del proceso de enseñanza aprendizaje, por esta razón se está dando paso a que el material multimedia se convierta en el canal más importante en el aprendizaje de los estudiantes (Abarca, 2015; Muñoz & Sanmamed, 2011; Sicilia, 2006).

A finales de la década de los años ochenta, el auge de las herramientas multimedia y las nuevas oportunidades que ofrecía el uso del computador en cuanto a gráficos y sonido, en la educación incrementaba la disponibilidad de enfrentar cambios en las posibilidades de tecnología que brinda acceso a la información, por lo que varios investigadores comenzaron a estudiar de qué manera estas herramientas podrían favorecer el aprendizaje. (Jungwirth & Bruce, 2002; Lotero, 2012). Los avances en las tecnologías gráficas por computadora han inspirado nuevos esfuerzos para comprender el potencial de la instrucción multimedia como un recurso para promover el aprendizaje en los estudiantes.(Mayer, 2020)

La enseñanza multimedia es la presentación de material, y su contenido facilita el proceso de aprendizaje, cuando los estudiantes emplean los sentidos, proporcionan más oportunidades de práctica para lograr el dominio en diferentes temas de clase, de esta manera se facilita la participación de los alumnos, y crea interacción entre el usuario y el asignatura

de educación (Ghamin & Norouzi, 2013). Asimismo, el aprendizaje multimedia tiene el potencial de fomentar el procesamiento generativo al facilitar en los alumnos la construcción de conexiones entre palabras (palabras impresas o habladas) e imágenes (presentado en forma pictórica, incluido el uso de gráficos estáticos como ilustraciones, gráficos, fotos y mapas, o gráficos dinámicos como animaciones y videos) (Mayer, 2009), que están destinados a fomentar el aprendizaje, en la que el estudiante construye el conocimiento de una representación mental coherente del material presentado, y el docente es un guía cognitivo que proporciona la orientación necesaria para apoyar el procesamiento cognitivo del alumno (Mayer, 2020). El aprendizaje multimedia puede verse como fortalecimiento de la respuesta (en el que los entornos multimedia se utilizan como sistemas de instrucción y práctica), adquisición de información (en el que los mensajes multimedia sirven como vehículos de entrega de información), o como construcción de conocimiento (en el que multimedia los mensajes incluyen ayudas para dar sentido) (Mayer, 2020).

### **Tipos de Gráficos en Lecciones Multimedia**

Existen diferentes tipos de gráficos que pueden ayudar o no a promover el aprendizaje (Butcher, 2006; Hegarty et al., 1991; Hegarty & Just, 1993; Mayer, 2020). A continuación se detallan 3 tipos de gráficos utilizados en lecciones multimedia:

Los gráficos decorativos son ilustraciones destinadas a embellecer el texto, a interesar o entretener al lector pero no a realzar el mensaje de la lección, presentan material cognitivamente neutro que no es directamente relevante para la meta educativa, no producen ningún efecto positivo sin embargo existe un efecto ligeramente negativo (Mandl & Levin, 1989; Mayer, 2020; Sung & Mayer, 2012). Los gráficos instructivos, son ilustraciones relevantes para el objetivo educativo y están destinados a facilitar el aprendizaje del material esencial en la lección. (Mayer, 2020; Sung & Mayer, 2012). Los gráficos seductores son ilustraciones muy interesantes pero irrelevantes que se agrega a

una lección para darle vida y no están relacionados con el objetivo del aprendizaje (Garner et al., 1989, 1992; Sung & Mayer, 2012).

Los tres tipos de gráficos difieren en términos de su relevancia al grado en que el contenido de un gráfico corresponde al contenido esencial necesario para apoyar el objetivo educativo (Mayer, 2011), es por esto que los gráficos instructivos tienen una gran relevancia, mientras que los gráficos seductores y decorativos tienen poca relevancia (Sung & Mayer, 2012).

### **La Teoría Cognitiva del Aprendizaje Multimedia**

La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia se representa por la arquitectura cognitiva humana (Sweller, 2008) que es la manera como las estructuras y funciones cognitivas del ser humano están organizadas. Según esta arquitectura, la información entra al cerebro por dos canales separados, a través de los ojos mediante imágenes y los oídos mediante palabras, que proceden del mundo exterior a través de una exposición multimedia, cada canal tiene una capacidad limitada de procesamiento, y el aprendizaje activo implica llevar a cabo un procesamiento cognitivo apropiado durante el aprendizaje. (Paivio, 1990, 2014; Sadoski & Paivio, 2013).

La información es procesada en tres diferentes estructuras: (1) la memoria sensorial, recibe el estímulo de los sentidos de modo que las imágenes, el texto, palabras habladas y sonidos se almacena por periodos de tiempo muy breve entre 1 y 3 segundos, en una memoria sensorial visual y auditiva respectivamente. Los dos canales se encuentran separados y la información se procesa independientemente (Loterio, 2012; Mayer, 2020; Shaffer et al., 2003). (2) La memoria de trabajo, se utiliza para mantener y manipular temporalmente una cantidad limitada de sonidos, imágenes o textos, la información procesada está dividida en tres canales: (Chong, 2005), dos canales parcialmente independientes que son el auditivo y el visual, mismos que manipulan la



información verbal y pictórica respectivamente y, el canal central-ejecutivo, que es el encargado de coordinar el procesamiento de la información que entra y sale de la memoria de trabajo (Lotero, 2012; Mayer, 2020).

Por último, (3) la memoria de largo plazo, se encarga de organizar y almacenar la información en esquemas mismos que incorporan múltiples unidades de información dentro de una unidad singular de mayor nivel. La memoria de largo plazo puede contener grandes cantidades de conocimiento durante largos períodos de tiempo (Lotero, 2012; Mayer, 2020).

La teoría cognitiva del aprendizaje multimedia, se basa en tres suposiciones que se detallan a continuación: (Mayer, 2009) en primer lugar se encuentra, la suposición del canal dual, asume que las personas procesan la información en dos canales separados, uno para la información auditiva/verbal y en otro la información visual/pictórica, cuando los alumnos dedican los recursos cognitivos adecuados a la tarea y presentan la información en más de un canal puede tener ventajas en la codificación y recuperación (Baddeley, 1992; Mayer, 2020; Paivio, 1990), Luego está la suposición de la capacidad limitada, indica la cantidad de información que se pueden procesar en cada canal a la vez. La memoria de trabajo de las personas puede retener un número limitado (entre 5 a 7 ítems) de palabras e imágenes al mismo tiempo (Baddeley, 1992; Chandler & Sweller, 1991; Mayer, 2020). Y finalmente, la suposición del procesamiento activo, donde indica que las personas se involucran activamente en el procesamiento cognitivo, prestando atención a la información relevante, organizando la información seleccionada en representaciones mentales coherentes e integrando las representaciones mentales con otro conocimiento (Mayer, 2020; Wittrock, 1989).

### **Procesos Cognitivos**

Los aspectos de la teoría sugiere que agregar gráficos relevantes al texto puede mejorar el aprendizaje cuando se incluye procesos cognitivos apropiados, mientras que agregar gráficos irrelevantes que llamen la atención pero no están relacionados con el objetivo de la lección, puede perjudicar el aprendizaje al incluir procesos cognitivos inapropiados (Mayer, 2020). El aprendizaje significativo ocurre cuando los alumnos construyen conexiones sistemáticas entre representaciones basadas en palabras e imágenes en una lección instructiva y participan en los cinco procesos cognitivos para aprender en un entorno multimedia que se detallan a continuación: (1) seleccionar palabras, el alumno presta atención a las palabras relevantes en una lección multimedia para crear sonidos entrantes en la memoria de trabajo, (2) seleccionar imágenes, el alumno presta atención a las imágenes relevantes en una lección multimedia para crear imágenes entrantes en la memoria de trabajo, (3) organizar palabras, el alumno organiza las palabras seleccionadas para crear un modelo mental verbal en la memoria de trabajo, (4) organizar imágenes, el alumno organiza las imágenes seleccionadas para crear un modelo mental visual en la memoria de trabajo, y finalmente (5) integración verbal y visual, el alumno construye conexiones entre modelos verbales y visuales con los conocimientos previos relevantes activados desde la memoria a largo plazo. Para que el aprendizaje multimedia sea exitoso se requiere que el alumno coordine y monitoree estos cinco procesos. (Mayer, 2020).

Cuando se incluye gráficos instructivos en una la lección, el alumno establece un procesamiento generativo, en otras palabras un procesamiento cognitivo profundo sin sobrecargar la capacidad cognitiva, que incluye la organización e integración de texto e imágenes que están relacionados con el objetivo de la lección (Mayer, 2009; Sweller, 2005). Por otro lado, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia sugiere que agregar gráficos con detalles seductores puede interferir con el proceso de construcción del conocimiento ya que puede distraer la atención del alumno del material relevante e importante, lo que crea una

carga cognitiva extraña para los estudiantes, en otras palabras, es un tipo de procesamiento cognitivo que no favorece con el objetivo de instrucción y es causado por un diseño instructivo deficiente (Chandler & Sweller, 1991; Mayer, 2009, 2020; Sweller, 2005), como resultado no hay aprendizaje, lo que se refleja en una mala retención y una mala transferencia (Mayer, 2020).

Las personas aprenden mejor cuando se excluye el material extraño que no es relevante para el objetivo de la lección en lugar de estar incluido, este fundamento se denomina principio de coherencia y se puede dividir en tres versiones complementarias: (1) el aprendizaje mejora cuando se utilizan palabras interesantes pero irrelevantes y las imágenes se excluyen de una presentación multimedia (Mayer, 2020), un ejemplo al referirse a material interesante pero irrelevante se utiliza para mencionar gráficos con detalles seductores (Garner et al., 1989). Los estudiantes califican los textos o imágenes seductoras como entretenidas, sin embargo son irrelevantes porque no están relacionados con el tema a tratarse. Varias investigaciones de detalles seductores indican que agregar texto o imágenes interesantes pero irrelevantes para el tema de una lección reduce o no mejora el aprendizaje (Garner et al., 1992; Hidi & Baird, 1986; Wade & Adams, 1990). (2) Se mejora el aprendizaje cuando se eliminan palabras y símbolos innecesarios de una presentación multimedia; y finalmente (3) el aprendizaje mejora cuando la música interesante pero irrelevante se excluye de una presentación multimedia. En conclusión cuando se incluye a la presentación multimedia características extrañas, como música de fondo, que son muy interesantes para los alumnos pero los recursos cognitivos se pueden desviar del objetivo de estudio para procesar el material extraño, en lugar de prestar atención al material esencial; es importante que el material de una presentación multimedia se presente de forma clara, sin elementos extraños, palabras, imágenes, música o características de fondo, para que los estudiantes tengan un aprendizaje más profundo (Mayer, 2020).

El principio de coherencia se relaciona directamente con teoría de la excitación, que se refiere a la idea de que los estudiantes aprenden mejor cuando el material los estimula emocionalmente (Mayer, 2020), varios investigadores han demostrado que al realizar una lección más interesante puede ser el primer paso para fomentar la motivación y el compromiso aprender a largo plazo.(Renninger & Hidi, 2015; Weiner, 1990).

En general la teoría de la excitación que se enfocan en el aprendizaje multimedia indica que al incluir material interesante pero irrelevante estimula a los alumnos para que presten más atención y aprenda más. Sin embargo, la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia se basa en la idea de que los alumnos puedan construir activamente representaciones mentales en una estructura coherente integrando el material que se presenta y con el conocimiento previo existente; y muestra que al incluir detalles seductores en la lección puede interferir con el proceso de construcción del conocimiento (Mayer, 2020).

Existen pocos estudios de investigación experimental y fundamentada en una teoría cognitiva del aprendizaje multimedia de cómo funciona la instrucción y cómo funciona la evaluación en un esfuerzo por aplicar la ciencia del aprendizaje a la educación (Mayer, 2011). Por ejemplo, en un tema de investigación se comparó si los estudiantes aprenden de una conferencia en línea, en la que el estudiante puede ver a un conferenciante en una ventana en la pantalla de la computadora como si fuera una conferencia en vivo, pero el estudiante está realmente sentado en un salón de clases. En otra investigación se comparó si los estudiantes aprenden mejor jugando un juego de ciencias en una realidad virtual inmersiva o viendo una presentación de diapositivas (Mayer, 2020). Sin embargo, cuando su objetivo es promover comprensión del material presentado, la vista de adquisición de información no será de mucha ayuda. Peor aún, entra en conflicto con la base de investigación sobre cómo las personas aprender material complejo (Ambrose et al., 2010; Brown et al., 2014).

### **El Estudio Presente**

El presente estudio se basa en el principio de coherencia del aprendizaje multimedia donde se compara los resultados de agregar gráficos a una clase virtual instructiva sobre vectores puede mejorar o no el rendimiento en una prueba posterior (Fletcher & Tobias, 2005; Mayer, 2009). En algunas investigaciones se ha mostrado los efectos de agregar gráficos instructivos crean el efecto multimedia ( i.e. los gráficos agregados son relevantes para el objetivo de instrucción), los efectos de agregar gráficos interesantes pero irrelevantes crean el efecto de detalles seductores, o incluso los efectos de agregar gráficos decorativos crean un efecto nulo ( i.e. neutral pero no directamente relevante para la lección), el propósito de la investigación es utilizar las tres tipos de gráficos en una lección virtual para medir el impacto que produce en el aprendizaje de los estudiantes. (Sung & Mayer, 2012).

Los gráficos desempeñan un papel importante tanto en la instrucción basada en libros como en computadora, aunque el texto ilustrado puede mejorar el aprendizaje (Balluerka, 1995; Mayer, 1999; Mayer & Gallini, 1990), sin embargo los gráficos también pueden a veces conducir a resultados de aprendizaje deficientes, cuando, se inserta material en presentaciones multimedia, a veces sin considerar su relevancia para el objetivo educativo.

Para el experimento del estudio se utiliza parcialmente las hipótesis del estudio (Sung & Mayer, 2012), se esperaría que en los participantes con nivel de conocimiento bajo, los gráficos instructivos mejoraran en gran medida el rendimiento en el postest en comparación con los gráficos seductores (H1). Con relación a la condición de gráficos decorativos se esperará que no exista una diferencia significativa en el rendimiento en el postest comparado con los gráficos instructivos (H2). Y para la condición de gráficos seductores se esperaría que al agregar gráficos seductores perjudicaría el rendimiento en el postest en comparación con los otros dos tipos de gráficos (Hi3). En cuanto a los

participantes con nivel de conocimiento alto se esperaba que no exista diferencia entre las tres condiciones de gráficos (H4).

## **Método**

### **Participantes**

El estudio se realizó con 163 estudiantes ecuatorianos de octavo, noveno y décimo año de educación general básica de una escuela fiscal, ubicada en la ciudad de Quito, como parte de la asignatura de Matemática, en el cual participaron 75 hombres y 88 mujeres, con una edad de promedio de 12.99 años ( $SD = .97$ ).

Los participantes de octavo y noveno año de educación general básica no tenían conocimientos previos del objetivo de la lección, ya que el tema tratado no está incluido en el contenido del currículo priorizado de emergencia, por otro lado los estudiantes de décimo año de educación básica tenían algo de conocimientos previos sobre el tema ya que ellos recibieron un curso de inducción de la asignatura de física como parte de la preparación para el ingreso al siguiente nivel de escolaridad (Bachillerato General Unificado); los participantes fueron asignados aleatoriamente a las condiciones para excluir cualquier conocimiento previo sistemático. Los Docentes del área de los octavos a décimos años, autoridades de la institución y padres de familia, fueron informados del procedimiento. Cada estudiante recibió una nota de 10 puntos en la asignatura como retribución a su esfuerzo.

### **Materiales**

El desarrollo del presente estudio, se realizó de manera virtual en la plataforma de video conferencia Zoom, para lo cual se dividió al total de estudiantes en 3 condiciones según el tipo de gráficos (instructivos, decorativos y seductores) x 2 grupos (nivel conocimiento alto versus nivel de conocimiento bajo), asignando cada grupo a cada una de las condiciones respectivamente en una sala Zoom, en diferentes horarios, tratando un tema común sobre vectores basado en el tipo de gráfico para los grupos, exponiendo mencionado tema mediante

diapositivas.

La primera sesión se realizó con la participación de 58 estudiantes a los cuales se expuso el tema mediante gráficos instructivos; la segunda sesión se realizó con la participación de 52 estudiantes a los cuales se expuso el tema mediante gráficos decorativos y por último la tercera sesión se realizó con la participación de 53 estudiantes explicando el tema con detalles seductores.

El estudio realizado es una adaptación del procedimiento de la investigación de Sung y Mayer (2012), y previo al desarrollo de las actividades, a los estudiantes se les dio instrucciones donde se les indicaba de la metodología a aplicarse en el estudio.

### **Mediciones**

El estudio se realizó en tres fases: pretest, fase de aprendizaje y postest, cada fase tenía un tiempo determinado para su realización.

#### ***Pretest***

Se empleó un pretest en cual consistió en la formulación de preguntas que contenía cinco ítems de opción múltiple y cada ítem tenía un puntaje de 2 puntos y el valor total de 10 puntos. Esta prueba se aplicó en las tres condiciones que son parte del estudio en un tiempo de 7 minutos.

#### ***Fase de Aprendizaje***

Para la fase de aprendizaje se desarrolló 3 versiones de una lección de 12 diapositivas desarrolladas en Power Point, todas con un texto idéntico que describe los conceptos fundamentales de vectores. La lección contenía ideas principales de la definición, características, magnitudes, elementos y un ejercicio de vectores; la versión de gráficos instructivos contenía once gráficos instructivos (por ejemplo una imagen en una parte de la lección que describe las características y componentes de los vectores), la versión de gráficos de detalles seductores contenía trece gráficos seductores (por ejemplo una imagen animada o

GIF que no correspondían con el objetivo de la lección), la versión de gráficos decorativos contenía once gráficos decorativos (por ejemplo imágenes de paisajes que no correspondían con el objetivo de la lección).

### ***Postest***

Una vez finalizada la fase de aprendizaje de vectores se pidió a los estudiantes que realicen un postest, que consistió en la formulación de preguntas que contenía cinco ítems de opción múltiple y cada ítem tenía un puntaje de 2 puntos y el valor total de 10 puntos. Esta prueba se aplicó en las tres condiciones que son parte del estudio en un tiempo de 7 minutos, dicha prueba tenía el objetivo de verificar si los gráficos afectan los resultados del aprendizaje en los alumnos. A cada alumno se le entregó un enlace de acceso a los formularios de las pruebas, en donde se le pedía que ingresen sus datos y procedan con la resolución de las preguntas planteadas en las mismas.

Cada estudiante utilizó su computador o móvil para responder las preguntas y se les pidió que enciendan las cámaras para controlar que sean los estudiantes que resuelven las preguntas. Se utilizó un cronómetro para controlar el tiempo de la fase de aprendizaje y de las pruebas.

### **Procedimiento**

La adaptación del experimento de (Sung & Mayer, 2012) se llevó a cabo de manera virtual donde los estudiantes participaron individualmente en una computadora o móvil. Primero, los participantes fueron asignados de forma aleatoria a las condiciones de estudio y se les informó del procedimiento a realizarse. En segundo lugar, los participantes respondieron a la prueba preliminar que contenía cinco ítems de opción múltiple y respondieron en un tiempo límite de 7 minutos. En tercer lugar, tras una introducción, los participantes recibieron la lección multimedia correspondiente a su condición de estudio. Cuarto, los participantes completaron la prueba posterior que contenía cinco ítems de opción



múltiple y respondieron en un tiempo límite de 7 minutos. Después de completar todas las pruebas, los participantes fueron informados y agradecidos por participar.

### Resultados

Los datos se analizaron con 2 grupos (estudiantes con alto nivel de conocimiento versus estudiantes con bajo nivel de conocimiento) x 3 condiciones de estudio (gráficos instructivos, gráficos decorativos y gráficos seductores) con un análisis multivariado de varianza (MANOVA) y análisis de varianza (ANOVA).

Para llevar a cabo el experimento se formó a los grupos de la siguiente manera: 79 participantes con nivel de conocimiento bajo y 84 participantes con un nivel de conocimiento alto para un total de 163 estudiantes en la muestra de estudio. Adicionalmente se tienen dos pruebas el pretest y el posttest y la variable a estudiar es el nivel de conocimiento sobre gráficos instructivos, decorativos y seductores.

Los estadísticos descriptivos que se muestran en la Tabla 1 presenta un resumen de la media y la desviación estándar, de los estudiantes con alto conocimientos y bajo conocimientos, de acuerdo con pretest. Se puede observar que existe una diferencia entre el promedio de ambos niveles donde los estudiantes con bajo nivel conocimiento para el pretest obtuvieron 4.57 puntos con una desviación estándar de 1.45, el intervalo de confianza del 95% para la media se encontró entre (4.30 y 4.84) puntos. Para los estudiantes con alto nivel de conocimiento el puntaje promedio fue de 8.81 con una desviación estándar de 0.99. El intervalo de confianza del 95% para la media se encontró entre (8.54 y 9.08). Los estudiantes con nivel de conocimiento alto mostraron un mejor desempeño en el pretest.

**Tabla 1**

*Estadísticos Descriptivos Nivel de Conocimiento Pretest*

Nivel de conocimiento	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>
-----------------------	----------	-----------	----------

---

Bajo	4.57	1.45	79
Alto	8.81	0.99	84
Total	6.75	2.46	163

La prueba de igualdad de varianzas del error de la variable dependiente pretest basada en la media, resultó significativa con un p-valor de 0.011 menor al nivel de significancia de 0.05. Por lo tanto, se realizó la prueba inter-sujetos, se muestra en la Tabla 2, la cual resultó significativa (p-valor < 0.05) tanto para el modelo como para el conocimiento previo (bajo y alto) y la intersección. De las pruebas a posteriori se confirma que existen diferencias significativas entre el nivel de conocimiento previo que tienen los estudiantes en el pretest, la diferencia es 4.240 puntos y el  $p = 0.001$ .

**Tabla 2***Prueba de Efectos Inter-sujetos Pretest*

<i>Origen</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>gl</i>	<i>Media cuadrática</i>	<i>F</i>	<i>p</i>	<i><math>\eta_p^2</math></i>
<b>Modelo</b>						
corregido	731.865 <sup>a</sup>	1	731.865	482.279	< .001	0.75
Intersección	7.287.447	1	7.287.447	4.802.233	< .001	0.97
<b>Conocimiento</b>						
Previo	731.865	1	731.865	482.279	< .001	0.75
Error	244.319	161	1.518			
Total	8.413.000	163				
<b>Total</b>						
corregido	976.184	162				

Una vez realizado el experimento se obtuvieron las mediciones del postest, se muestra en la Tabla 3. Los 79 estudiantes con bajo nivel de conocimiento fueron asignados a las diferentes condiciones de estudio quedando de la siguiente manera: 22 estudiantes para gráficos instructivos los que obtuvieron un promedio de 8.55 puntos; 24 estudiantes para gráficos decorativos que obtuvieron un promedio de 7.92 puntos y finalmente 33 estudiantes para gráficos con detalles seductores con un promedio de 6.30 puntos. En general el grupo de estudiantes mostró un aumento del promedio entre el pretest y el postest de 4.54 a 7.42 puntos, es decir el experimento si causó impacto positivo en el desempeño de los estudiantes con nivel de conocimientos bajo.

De igual forma los 84 estudiantes con alto nivel de conocimiento fueron asignados a las diferentes condiciones de estudio de la siguiente manera: 36 estudiantes para gráficos instructivos con un promedio de 8.44 puntos; 28 estudiantes para gráficos decorativos con un promedio de 9.00 puntos, y 20 estudiantes para gráficos seductores con un promedio de 8.50 puntos. Los estudiantes de manera global obtuvieron un promedio en el pos-test de 8.64 un poco más bajo que el obtenido para el pretest. Hay que destacar que los estudiantes con alto nivel de conocimiento mostraron una menor variabilidad o dispersión en ambos test con respecto a la media, en comparación con los estudiantes con nivel de conocimientos bajo.

**Tabla 3**

*Estadísticos Descriptivos Nivel de Conocimiento Postest*

Nivel de conocimiento	Condiciones	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>N</i>
Bajo	Instructivo	8.55	1.54	22
	Decorativo	7.92	2.08	24
	Seductor	6.30	2.30	33
	Total	7.42	2.25	79

Alto	Instructivo	8.44	1.59	36
	Decorativo	9.00	1.49	28
	Seductor	8.50	1.70	20
	Total	8.64	1.59	84
Total	Instructivo	8.48	1.56	58
	Decorativo	8.50	1.85	52
	Seductor	7.13	2.34	53
	Total	8.05	2.02	163

Del análisis realizado se puede observar en la Tabla 4, que los estudiantes con nivel de conocimiento bajo mostraron un mejor desempeño en el postest en la condición de gráficos instructivos con la media más elevada y un intervalo de confianza que oscila entre (7.78 y 9.31) puntos, en comparación a gráficos decorativos y seductores.

**Tabla 4**

*Estimaciones Nivel de Conocimiento*

Nivel de conocimiento	Condiciones	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>Intervalo de confianza al 95%</i>	
				<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
Bajo	Instructivo	8.55	0.39	7.78	9.31
	Decorativo	7.92	0.37	7.18	8.65
	Seductor	6.30	0.32	5.68	6.93
Alto	Instructivo	8.44	0.30	7.84	9.05
	Decorativo	9.00	0.35	8.32	9.68
	Seductor	8.50	0.41	7.69	9.31

El modelo de prueba de efectos inter-sujetos ha resultado significativo al igual que la intersección, el conocimiento previo y la condición. Por lo tanto, se realizaron pruebas a posteriori de comparaciones múltiples como se muestra en la Tabla 5, donde efectivamente se comprueba que existen diferencias significativas entre los estudiantes a nivel de conocimiento previo alto y bajo con una diferencia de 1.06 puntos y  $p < .001$ .

**Tabla 5**

*Prueba de Comparación por Parejas Nivel de Conocimiento*

*95% de intervalo de confianza para diferencia<sup>b</sup>*

(I) Nivel de Conocimiento	(J) Nivel de Conocimiento	Diferencia de medias (I-J)	DE	p	Límite inferior	Límite superior
Bajo	Alto	-1.060*	0.29	< .001	-1.64	-0.48
Alto	Bajo	1.060*	0.29	< .001	0.48	1.64

De las condiciones a nivel global se pudo observar que existe diferencias significativas entre los puntajes obtenidos por los estudiantes en gráficos instructivos y seductores (Diferencia = 1.09 puntos,  $p < .008$ ). Así como también entre gráficos seductores y decorativos (Diferencia = 1.07 puntos,  $p = .01$ ).

*Prueba de Comparación por Parejas Condiciones*

*95% de intervalo de confianza para diferencia<sup>b</sup>*

(I) Condiciones	(J) Condiciones	<i>Diferencia de medias (I-J)</i>	<i>Desv. Error</i>	<i>p</i>	<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>
Instructivo	Decorativo	0.037	0.354	1.000	-0.820	0.893
	Seductor	1.093*	0.357	0.008	0.229	1.958
Decorativo	Instructivo	-0.037	0.354	1.000	-0.893	0.820
	Seductor	1.057*	0.362	0.012	0.181	1.933
Seductor	Instructivo	-1.093*	0.357	0.008	-1.958	-0.229
	Decorativo	-1.057*	0.362	0.012	-1.933	-0.181

De la multi comparación clasificados por niveles se puso de manifiesto que los estudiantes con bajo nivel de conocimiento mostraron diferencias significativas entre gráficos instructivos y seductores (Diferencia = 2.24 puntos y  $p=.00$ ), y entre los puntajes con gráficos decorativos y seductores (Diferencia = 1.61 puntos y  $p= .004$ ). Para los estudiantes con alto nivel de conocimiento no se mostraron diferencias en el puntaje obtenido en los diferentes gráficos.

#### *Prueba de Comparación por Nivel de Conocimiento*

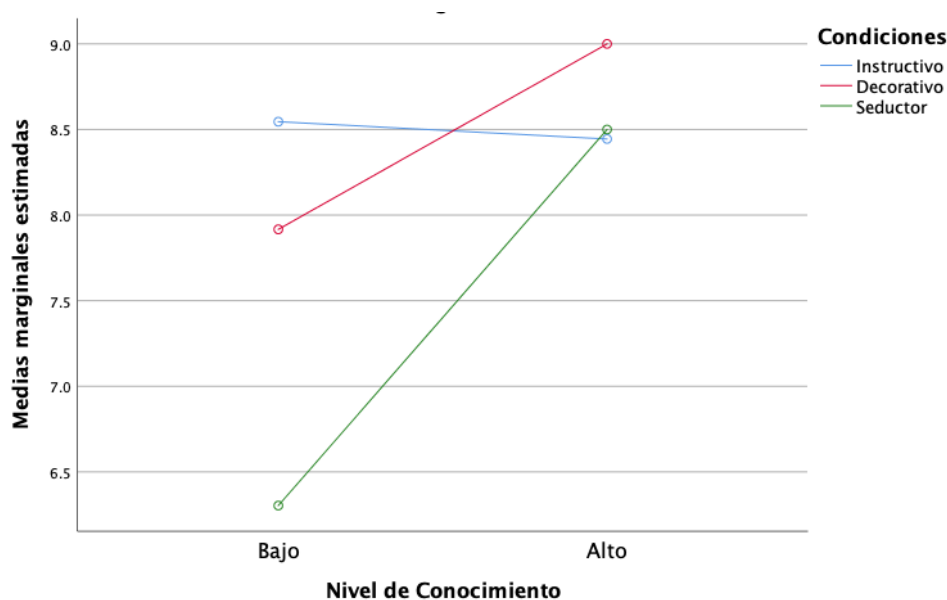
Nivel de conocimiento	(I) Condiciones	(J) Condiciones	<i>Diferencia de medias (I-J)</i>	<i>Desv. Error</i>	<i>p</i>	<i>95% de intervalo de confianza para diferencia<sup>b</sup></i>	
						<i>Límite inferior</i>	<i>Límite superior</i>

Bajo	Instructivo	Decorativo	0.629	0.538	0.734	-0.674	1.931
		Seductor	2.242*	0.502	0.000	1.028	3.457
	Decorativo	Instructivo	-0.629	0.538	0.734	-1.931	0.674
		Seductor	1.614*	0.489	0.004	0.430	2.798
	Seductor	Instructivo	-2.242*	0.502	0.000	-3.457	-1.028
		Decorativo	-1.614*	0.489	0.004	-2.798	-0.430
Alto	Instructivo	Decorativo	-0.556	0.460	0.685	-1.668	0.556
		Seductor	-0.556	0.509	1.000	-1.286	1.175
	Decorativo	Instructivo	0.556	0.460	0.685	-0.556	1.668
		Seductor	0.500	0.534	1.000	-0.792	1.792
	Seductor	Instructivo	0.056	0.509	1.000	-1.175	1.286
		Decorativo	-0.500	0.534	1.000	-1.792	0.792

En conclusión, los estudiantes con alto nivel de conocimiento no mostraron un aumento significativo entre el pretest y el postest. A diferencia de los estudiantes con bajo nivel de conocimiento que si mostraron un aumento significativo entre el pretest y el postest del puntaje promedio. Y dentro de las pruebas del postest mostraron un mejor desempeño en la condición de gráficos instructivos obteniendo el más alto puntaje promedio (8.55), incluso unas décimas por encima de los estudiantes de alto nivel de conocimiento quienes obtuvieron un promedio de (8.44) en la misma condición, en general, los estudiantes con bajo nivel de conocimientos pueden tener un desempeño igual al de un estudiantes con alto nivel de conocimiento si se remueven los detalles seductores de la lección, observe (Figura 1).

### Figura 1

*Medias Marginales Estimadas del Postest*



### Discusión

El objetivo principal del presente estudio fue replicar hallazgos de investigaciones anteriores de (Sung & Mayer, 2012) del principio multimedia que indica que agregar gráficos al texto puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes. Los resultados se discuten de acuerdo al siguiente orden: en la hipótesis 1, se esperaba que los participantes con nivel de conocimiento bajo, para la condición de gráficos instructivos existiría un efecto multimedia en el que agregar gráficos instructivos mejoraría en gran medida el rendimiento en el posttest, los resultados indican que hubo una diferencia significativa y los estudiantes que mostraron un mejor desempeño en la condición de gráficos instructivos obteniendo el más alto puntaje incluso por encima del promedio de los estudiantes con nivel de conocimiento, se puede observar efectos del principio multimedia moderados que favorecen la representación dual (combinación de formas de contenido visual y verbal) en las lecciones cuando los gráficos son instructivos y están claramente relacionados con el tema (Mayer, 2020).

En cuanto a la hipótesis 2, en la condición de gráficos decorativos se esperaba que al agregar gráficos decorativos no existiría una diferencia significativa en el rendimiento



en el postest, los resultados muestran que existe una disminución en la prueba del postest con respecto a la prueba del pretest, esta condición es de gran importancia para el principio multimedia en el que agregar ilustraciones irrelevantes en la lección no es útil ya que no ayuda al aprendizaje (Mayer, 2020).

Para la hipótesis 3, para los participantes del grupo de gráficos seductores se esperaba que al agregar gráficos seductores perjudicaría el rendimiento en el postest. Los resultados muestran que los participantes tienen un menor rendimiento en la prueba de postest con respecto a los otros dos grupos como se puede observar en la (Tabla 3). Los resultados sugieren que el hecho influye cuando un texto contiene gráficos irrelevantes para la lección y la incapacidad de ciertos individuos para controlar su atención lo que los lleva a ser seducidos y, por lo tanto, les hace comprender menos de la información relevante e importante (Sanchez & Wiley, 2006).

En cuanto a la hipótesis 4 se esperaba que los participantes con nivel de conocimiento alto no existirían diferencia entre las condiciones, los resultados muestran que los estudiantes con alto conocimiento no mostraron un aumento significativo entre el pretest y el postest, en las tres condiciones de estudio.

De acuerdo con los resultados se recomienda que integrar gráficos relevantes en una lección aumentaría el rendimiento de los alumnos en la evaluación de forma positiva para promover el aprendizaje de forma significativa (Sung & Mayer, 2012), cuando los estudiantes son capaces de integrar representaciones de texto e imágenes, también llamado procesamiento generativo que incluye la organización e integración del material sin sobrecargar la capacidad del sistema cognitivo, producen efectos motivacionales y el alumno hará un esfuerzo para aprender y participar en el procesamiento cognitivo, el aumento de motivación en una instrucción multimedia se presenta mediante aumentos en las calificaciones de satisfacción de los estudiantes con la lección en comparación con

los estudiantes que reciben la instrucción sin gráficos (Mayer, 2020; Sung & Mayer, 2012). Aparentemente los gráficos aportan una mejor comprensión en la lección, cuando los gráficos se diseñan de acuerdo a los objetivos de del tema a tratar y no produzcan carga cognitiva extraña que no sirven para el propósito del aprendizaje y es causado por un diseño instructivo deficiente por parte del docente (Mayer, 2020).

En general, los resultados confirman los hallazgos de varias investigaciones de la teoría de la codificación dual, la teoría de la carga cognitiva y la teoría cognitiva del aprendizaje multimedia que muestran que incluir gráficos instructivos en una presentación multimedia serían más efectivos que los gráficos seductores y los gráficos decorativos. Aun cuando incluir cualquier tipo de gráfico puede aumentar el afecto positivo apoyando los aspectos de la teoría de la excitación, la teoría del interés emocional y la teoría del diseño emocional, es posible que los alumnos se involucren en la participación de procesos cognitivos apropiados para la lección cuando reciben gráficos instructivos que llaman su atención hacia objetivo principal del tema de estudio que cuando reciben gráficos seductores que son irrelevantes y desvían su atención del contenido esencial (Sung & Mayer, 2012).

Los hallazgos de este estudio tienen importantes implicaciones educativas, cuando la instrucción se basa únicamente en palabras, no fomenta un aprendizaje significativo en los estudiantes, se puede mejorar agregando gráficos apropiados, ya que no todos los gráficos son eficaces para todo tipo de alumnos en todo tipo de tareas (Mayer, 2020), si los estudiantes tienen un conocimiento novato, se debe reducir o eliminar gráficos con detalles seductores que no mejoren su desempeño, cuando las actividades previstas son claras para los alumnos y fáciles de llevar a cabo es más probable que sean efectivas, además de que se encuentren motivados para ser aprendices eficientes (Mayer, 2020), por el contrario si tienen un conocimiento avanzado es irrelevante los materiales con detalle seductor ya que esto no afecta el desempeño de los

estudiantes. (Sanchez & Wiley, 2006). En conclusión, la incapacidad de algunos estudiantes para controlar su atención los lleva a ser seducido y, por lo tanto, les hace entender menos de la información relevante e importante.

Este estudio tiene algunas limitaciones, puesto a que cualquier tipo de gráfico puede aumentar la intención de participar en una lección, es más probable que los alumnos se involucren en el procesamiento cognitivo apropiado para la instrucción cuando reciben gráficos instructivos que llaman su atención hacia el tema principal de la lección, que cuando reciben gráficos seductores o decorativos que pueden desviar su atención del objetivo principal del tema tratado (Sung & Mayer, 2012). El principio multimedia demuestra que se puede mejorar el aprendizaje de los estudiantes cuando se agregan imágenes relevantes a las palabras; en otros términos, cuando el material se presenta en dos formas en lugar de una. (Mayer, 2020).

El aprendizaje multimedia debe diseñarse para facilitar a los estudiantes los procesos de aprendizaje y de esta manera maximizar la comprensión del material presentado, además, se necesita un trabajo constante para integrar la motivación y procesos cognitivos en el aprendizaje multimedia (Moreno & Mayer, 2007).

### Referencias

- Abarca, Y. (2015). El uso de las TIC en la educación universitaria: motivación que incide en su uso y frecuencia. *Revista de Lenguas Modernas*, 22.  
<https://doi.org/10.15517/rlm.v0i22.19692>
- Ambrose, S. A., Bridges, M. W., DiPietro, M., Lovett, M. C., Norman, M. K., & Mayer, R. E. (2010). How learning works : seven research-based principles for smart teaching / Susan A. Ambrose ... [et al.]. In *Seven research-based principles for smart teaching*.
- Baddeley, A. (1992). Working memory. *Science*, 255(5044), 556–559.  
<https://doi.org/10.1126/science.1736359>
- Balluerka, N. (1995). The Influence of Instructions, Outlines, and Illustrations on the Comprehension and Recall of Scientific Texts. *Contemporary Educational Psychology*, 20(3), 369–375. <https://doi.org/10.1006/ceps.1995.1024>
- Brown, P. C., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). Make it stick: The science of successful learning. *Cambridge, MA: Harvard University Press*.
- Butcher, K. R. (2006). Learning from text with diagrams: Promoting mental model development and inference generation. *Journal of Educational Psychology*, 98(1), 182.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive Load Theory and the Format of Instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293–332. [https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804\\_2](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0804_2)
- Chong, T. S. (2005). Recent Advances in Cognitive Load Theory Research : Implications for Instructional Designers. *Technology*, 2(3), 106–117.
- Díaz, Á. (2013). TIC en el trabajo del aula. Impacto en la planeación didáctica. *Revista Iberoamericana de Educación Superior*, 4(10), 3–21. [https://doi.org/10.1016/S2007-2872\(13\)71921-8](https://doi.org/10.1016/S2007-2872(13)71921-8)
- Fletcher, J. D., & Tobias, S. (2005). The Multimedia Principle. In *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 117–134). Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.008>

- 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. (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](https://doi.org/10.1207/s1532690xci0601_2)
- Ghamin, K., & Norouzi, D. (2013). The Impact of Multimedia on Learning and Retention of Persian Pre-Printing Skills Course in First Graders. *Educational Psychology*, 8(24), 120–145.
- Hegarty, M., Carpenter, P. A., & Just, M. A. (1991). Diagrams in the comprehension of scientific texts. In P. M. and P. P. In R. Barr, M. Kamil (Ed.), *Handbook of reading research, Vol. 2* (Lawrence E).
- Hegarty, M., & Just, M. A. (1993). Constructing Mental Models of Machines from Text and Diagrams. *Journal of Memory and Language*, 32(6), 717–742.  
<https://doi.org/10.1006/jmla.1993.1036>
- Hidi, S., & Baird, W. (1986). Interestingness? A neglected variable in discourse processing. *Cognitive Science*, 10(2), 179–194. [https://doi.org/10.1016/S0364-0213\(86\)80003-9](https://doi.org/10.1016/S0364-0213(86)80003-9)
- Jungwirth, B., & Bruce, B. C. (2002). Information Overload: Threat or Opportunity? *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 45(February), 400–406.  
<http://www.isrl.illinois.edu/~chip/pubs/03LIA/13-003.pdf>
- 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).
- Mandl, H., & Levin, J. R. (1989). *Knowledge acquisition from text and pictures*. (North Holl).

- Mayer, R. (1999). *When multimedia works: Designing multimedia for meaningful learning*. American Educational Research Association, Montreal.
- Mayer, R. (2009). *Multimedia learning* Second edition. In *Nueva York: Universidad de Cambridge*.
- Mayer, R. (2011). *Applying the science of learning*. Boston, MA: Pearson/Allyn & Bacon.
- Mayer, R. (2020). *Multimedia Learning*. Cambridge University Press.  
<https://doi.org/10.1017/9781316941355>
- Mayer, R., & 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>
- 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>
- Muñoz, C., & Sanmamed, M. (2011). El diseño de materiales de aprendizaje multimedia y las nuevas competencias del docente en contextos teleformativos. *Innovación Educativa*, 0(21), 367–382. <http://www.usc.es/revistas/index.php/ie/article/view/74/170>
- Paivio, A. (1990). *Mental Representations*. Oxford University Press.  
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195066661.001.0001>
- Paivio, A. (2014). Mind and its evolution: A dual coding theoretical approach. In *Mind and Its Evolution: A Dual Coding Theoretical Approach*. Taylor and Francis.  
<https://doi.org/10.4324/9781315785233>
- Renninger, K. A., & Hidi, S. E. (2015). *The Power of Interest for Motivation and Engagement*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315771045>
- Sadoski, M., & Paivio, A. (2013). *Imagery and text: A dual coding theory of reading and writing* (2nd ed.). In *New York: Routledge*.
- Sanchez, C. A., & Wiley, J. (2006). An examination of the seductive details effect in terms of

working memory capacity. *Memory and Cognition*, 34(2), 344–355.

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

Shaffer, D., Wendy, D., & Tuovinen, J. (2003). Applying Cognitive Load Theory to

Computer Science Education. *Joint Conf. EASE & PPIG, April*, 333–346.

Sicilia, C. (2006). *The challenges and benefits to teachers' practices in constructivist learning environments supported by technology* (M. University (ed.); Master's t).

Sung, E., & 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. (2005). Implications of Cognitive Load Theory for Multimedia Learning. In *The*

*Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (pp. 19–30). Cambridge University

Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511816819.003>

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).

Wade, S. E., & Adams, R. B. (1990). Effects of Importance and Interest on Recall of

Biographical Text. *Journal of Reading Behavior*, 22(4), 331–353.

<https://doi.org/10.1080/10862969009547717>

Weiner, B. (1990). History of motivational research in education. *Journal of Educational*

*Psychology*, 82(4), 616–622. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.82.4.616>

Wittrock, M. C. (1989). Generative Processes of Comprehension. *Educational Psychologist*,

24(4), 345–376. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404\\_2](https://doi.org/10.1207/s15326985ep2404_2)