

APORTES DE LA TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA EN EL DISEÑO DE MATERIALES DE INSTRUCCIÓN

*Ludmila C. Layne, Universidad de Nuevo Mexico, Estados Unidos
Email: ludmila@unm.edu*

Resúmen. La presente investigación muestra el efecto de diversos formatos instruccionales tales como el texto, los mapas conceptuales o la combinación de ambos en la transferencia de aprendizajes a situaciones nuevas. En este estudio experimental participaron 144 estudiantes estadounidenses de psicología los cuales fueron seleccionados aleatoriamente. Se consideraron como variables los conocimientos previos, estilos de aprendizaje y los materiales instruccionales, para tratar de determinar en qué medida sujetos con bajos conocimientos previos, o con estilo de aprendizaje visual aprendían cuando se utilizaba un formato instruccional en texto o en mapa conceptual. La teoría de la carga cognitiva de Sweller (1994, & 2004), apoyó este estudio, la cual sostiene que la enseñanza de estructuras y esquemas complejos requiere que se analicen las limitaciones del sistema de procesamiento de información humana, lo que tiene consecuencias para el diseño de material instruccional. En complemento con esta teoría se consideraron los supuestos de Ausubel (1960), quien sugirió que las estructuras de conocimientos preexistentes en el aprendiz eran cruciales para la retención de información dentro de un contexto de aprendizaje. Los resultados obtenidos sustentan la tesis de que el diseño de materiales de instrucción debe ser planeado atendiendo a los conocimientos previos, los estilos cognitivos del sujeto y a su estructura cognitiva; atendiendo de esta manera las limitaciones del sistema de memoria.

Palabras Claves: Formatos de instrucción, Estilos de aprendizaje, Transferencia de aprendizaje, Conocimientos previos, Estructura cognitiva humana.

1. Introducción

Por años, investigaciones en el área educativa, psicología, neurolingüística, tecnológica, entre otras, se han enfocado en conocer como aprende y procesa información el ser humano, sin embargo, es la contribución de cada una de estas disciplinas las que han permitido conocer más sobre este fenómeno tan complejo. En los últimos años se ha observado una extensa línea de investigación que ha girado en torno al conocimiento de estructuras y procesos cognitivos, proporcionado una nueva fuente para el sustento de hipótesis asociadas con principios del diseño de instrucción (Sweller, 1994; Sweller & Chandler, 1994; van Merriënboer & Sweller, 2010). Esto ha facilitado probar hipótesis sobre cómo organizar la información a ser aprendida en función de la estructura cognitiva del que aprende a fin de potenciar el logro del aprendizaje efectivo.

Uno de los propósitos de este trabajo de investigación está relacionado con la búsqueda de una explicación teórica-metodológica que sustente la tesis de cómo aprende el ser humano y cómo transfiere lo aprendido a una nueva situación. Especialmente, sobre cómo influyen los formatos de instrucción en la adquisición de nuevos esquemas. La teoría de la carga cognitiva (TCC), enfatiza sobre las limitaciones de la memoria de trabajo (MT) como determinantes en la eficacia del diseño instruccional (Sweller, 1994; van Merriënboer & Sweller, 2010; Paas & Ayres, 2014). Como principio, esta teoría parte del análisis de la arquitectura cognitiva humana, y la interacción entre MT y memoria a largo plazo (MLP) en la formación y automatización de nuevos esquemas, lo que luego, con la práctica deliberada va a contribuir a la generalización y transferencia del conocimiento. Uno de los pilares principales de esta teoría es la concepción de que la memoria de trabajo es limitada en capacidad de 4 ± 1 elementos de información (Baddeley, 1986; Miller, 1956). Esta teoría apoya la idea de que un material de instrucción diseñado eficaz y eficientemente, evita la sobrecarga de la memoria de trabajo, contribuye a la formación de esquemas en la memoria a largo plazo, orientando la atención del estudiante en procesos de aprendizaje relevantes.

En esta búsqueda de respuestas de cómo el humano organiza información y aprende, han surgido muchas propuestas teóricas; por ejemplo, las propuestas de Ausubel sobre el aprendizaje significativo, y la propuesta del uso de los organizadores avanzados como estrategias para fomentar este tipo de aprendizaje (Novak & Gowin, 1984), de allí han surgido muchas investigaciones sobre el uso y aplicación de estrategias tales como los esquemas, los gráficos, los mapas de conceptos, entre otros.

Una de las estrategias a las que se le ha dado mayor atención para el aprendizaje de las ciencias es el mapa de conceptos (Novak, 1998). La estrategia consiste en presentar conceptos en formas de nodos y establecer relaciones en forma de redes lógicas y secuenciales que explican un área o dominio determinado. Recientemente hay un creciente interés por indagar la efectividad del uso de los mapas de conceptos en ambientes

computarizados, encontrándose que hay diferencias significativas entre estudiantes que usan un software y aquellos que usan papel y lápiz para generar un mapa. Se observa mayor complejidad en la estructura de los mapas cuando los estudiantes usan el computador que cuando los generan a través del uso del papel y lápiz (Royer & Royer, 2004).

2. Planteamiento del Problema

El problema radica en que los estudiantes fallan en el aprendizaje de las ciencias debido a que poseen poca habilidad para organizar y relacionar conceptos hasta lograr un conocimiento más estructurado del fenómeno en estudio. Por otra parte, los materiales diseñados para facilitar el proceso de instrucción, por lo general, no se diseñan respetando las estructuras cognitivas del sujeto que aprende, lo que puede retrasar el proceso de aprendizaje, limitando la organización y transferencias a nuevos esquemas. Así como lo señaló Ausubel (1960) y luego otros investigadores lo continúan sosteniendo, la adquisición de un conocimiento organizado y/o estructurado depende de dos condiciones: a) de la organización de los conocimientos previos y b) del uso de estrategias que ayuden al aprendiz a mantener una estructura organizada de dichos conocimientos (Jonassen & Grabowski, 1993).

Investigaciones recientes evidencian que el aprendizaje de conceptos y la interrelación de los mismos es un prerrequisito importante para lograr de una manera efectiva y eficiente la retención, la comprensión y la habilidad para transferir el conocimiento adquirido a situaciones nuevas (Mintzes, Wandersee & Novak, 2000; Ruiz-Primo et al., 2001). Por lo que aprender estructuras y esquemas complejos requiere que se analicen las severas limitaciones del sistema de procesamiento de información humana. Como bien se señaló antes, la memoria de trabajo tiene severas limitaciones al procesar información, sin embargo, la memoria a largo plazo retiene esquemas cognitivos que varían en su nivel de complejidad y automatización. Por lo que se asume que la experticia emerge de los conocimientos organizados en estos esquemas. Así, los expertos logran usar y manejar mayor número de esquemas organizados al resolver problemas nuevos o transferir el conocimiento a nuevas situaciones; estas investigaciones han traído consecuencias para el diseño y presentación del material de instrucción (Sweller, 1994; Carlson, Chandler & Sweller, 2003; van Merriënboer & Sweller 2010).

Con esta investigación se busca dar respuesta a tres aspectos importantes como son:

- Dar una explicación teórica para establecer cómo la organización de la información contribuye o impide el paso de una simple retención a una aplicación de conceptos en situaciones nuevas (transferencia).
- Determinar cómo las diferencias individuales -estilos cognitivos y los conocimientos previos- que posee el estudiante favorecen el aprendizaje dependiendo de las formas en que se organice y presente la información.
- Proponer el uso de mapas de conceptos como medida alternativa para evaluar el conocimiento estructurado del aprendiz.

3. Metodología

3.1 Diseño de Investigación

Se utilizó un diseño experimental para facilitar la manipulación simultánea de más de dos variables independientes y analizar interacciones complejas con las medidas dependientes objeto de estudio. Se propuso un diseño factorial entre sujetos de 3x2. El Factor A, correspondió al formato de aprendizaje, el cual tiene tres (3) niveles: 1) Texto, 2) Mapa, y 3) combinación Mapa-Texto; el Factor B, correspondió al ambiente de la tarea, el cual tiene dos (2) niveles: 1) Computador y 2) Papel y lápiz.

Variables independientes. La Tabla 1, muestra los factores que conformaron las variables independientes que se estudiaron en la presente investigación. La variable estilos cognitivos fue considerada como una variable interviniente, que pudiera explicar como un sujeto aprende más, cuando su preferencia de aprendizaje corresponde con el tipo de formato dado. Por ejemplo, un sujeto con estilo visual puede aprender más a través de un formato visual, como lo es un mapa de conceptos. La variable estilos cognitivos se midió en dos dimensiones: Verbal, bimodal y visual; y Holístico, intermedio, y analítico.

Otras variables independientes que se consideraron fueron: Nivel de conocimientos previos (altos y bajos), nivel de experiencia en el uso del computador (alto, medio y bajo), variables demográficas, grado de dificultad

para aprender utilizando un formato determinado (texto, mapa o combinación de formatos) y medio al generar un mapa de conceptos (papel-lápiz o computador).

Variables dependientes. Se utilizaron dos variables como medidas dependientes:

1. Ganancia entre el pretest y el postest en términos de transferencias simples y complejas Generación de un mapa de conceptos. A través del mapa se midieron a) número de proposiciones y b) precisión de la información.

La decisión de usar dos instrumentos de medida como el postest y el mapa generado se implementó con dos propósitos, 1) a fin de comparar si ambos instrumentos arrojan resultados en la misma dirección mostrando consistencia y 2) determinar si la generación de un mapa de conceptos mide conocimientos estructurados.

Tabla 1: Diseño Factorial

Formato de aprendizaje Ambiente de la tarea	Texto	Mapa	Mapa-Texto
Computador	24	24	24
Papel y Lápiz	24	24	24

3.2 Población y Muestra

La población objeto de estudio estuvo representada por 300 estudiantes universitarios cursantes del primer año de Psicología, del curso de Psicología General de una universidad estadounidense ubicada al suroeste del país.

Un total de 144 sujetos fueron seleccionados y asignados al azar a cada condición experimental. El número de la muestra se decidió sobre la base del número de grupos que resultó de la multiplicación de los factores (3x2), dando un total de 6 grupos o condiciones, resultado en 24 sujetos en cada grupo, entre otras razones para aumentar el poder estadístico al aumentar el tamaño de la muestra, y por otro lado para garantizar la distribución normal de los datos.

Se procedió al diseño de los instrumentos de medición y se sometieron al proceso de validación de expertos y validación de contenidos antes de someterlos a la prueba piloto. El estudio piloto facilitó la observación de la consistencia interna de los instrumentos. Como resultado se determinó la validez interna de las pruebas pretest-postest (usando el método de validez por constructo) y confiabilidad, utilizando el método de Cronbach Alfa, el cual arrojó un nivel alto de confiabilidad $\alpha = .80$. Los resultados obtenidos del estudio piloto no se incluyeron en los resultados obtenidos en la investigación que se describe a continuación. **3.3 Instrumentos**

Los instrumentos utilizados en el estudio consistieron en: 1 cuestionario con tres partes: a) identificar datos demográficos, b) escala para identificar actividades y la frecuencia en el uso del computador, y c) preguntas para determinar experiencia en el aprendizaje con mapas y en el uso del software para realizar mapas de conceptos. 1 pretest-postest, ambas con igual contenido y número de preguntas. Está dividido en preguntas para identificar transferencias simples y transferencias complejas. 1 cuestionario con una sola pregunta utilizando una escala tipo Likert del 1 al 7 para identificar grado de dificultad para aprender con el formato dado; 1 cuestionario con una sola pregunta utilizando una escala tipo Likert del 1 al 7 para identificar el grado de dificultad en generar un mapa de conceptos; el test computarizado para analizar los estilos cognitivos (Cognitive Style Analysis –CSA, Riding, 1991; 1998); y 1 mapa criterio. El mapa criterio es el instrumento que se diseñó para comparar y evaluar los mapas generados por los estudiantes. El investigador diseñó el mapa criterio, el cual fué validado por los profesores de la cátedra.

3.4 Materiales de Instrucción

Profesores de la Escuela de Psicología de la universidad estadounidense con más de 10 años dictando el contenido, identificaron un tema complejo del curso Psicología General. De allí surgió el tema “Percepción e Ilusiones Visuales” correspondiente a la unidad número 6 del curso. El investigador diseño ambas versiones – texto y mapa- ambos formatos fueron validados por expertos en el área. El mapa criterio sirvió: como formato de aprendizaje, y como mapa criterio para evaluar los mapas generados por los estudiantes.

El formato *Texto* consistió en dos páginas de contenido sobre percepción e ilusiones visuales. El formato *Mapa de Conceptos* representó los mismos conceptos propuestos en el formato texto, pero a través de relaciones entre conceptos y conexiones llamadas proposiciones. El mapa está compuesto por los siguientes elementos: 33

nodos, 46 líneas de enlace, 11 palabras de enlace, 108 proposiciones, y 2 interconexiones. El formato *Combinado Mapa-Texto* consistió en darle a cada sujeto los dos formatos descritos anteriormente: texto y mapa de conceptos. Estos sujetos pudieron aprender la misma información a través de dos formatos diferentes.

3.4.1. Materiales para el Entrenamiento y Procedimientos

Se diseñó una guía para facilitar el entrenamiento de cómo generar mapas de conceptos utilizando el software Inspiration, versión 6. Esta consistió de 3 páginas, con 6 pasos básicos para generar el mapa. El material utiliza gráficos y vocabulario básico sobre el uso del computador; asimismo, el último paso muestra un ejemplo de mapa generado por un experto. La guía fue diseñada con la ayuda del centro de tecnología y educación de la Escuela de Educación. El experimento se llevó a cabo en un laboratorio de computación con todas las condiciones controladas para el aprendizaje. Se procedió a leer las instrucciones y se asignaron aleatoriamente los sujetos a cada tratamiento (texto, mapa o formato combinado).

4 Análisis de Resultados

4.1. Técnicas de Análisis

Se evaluaron un total de 288 pretest-postests y 144 mapas de conceptos. Quince por ciento (15%) de los protocolos de los pretest-postests y mapas seleccionados al azar fueron evaluados por otro profesor-investigador para determinar nivel de confiabilidad del proceso de corrección. Igualmente se procedió a la corrección de los mapas generados en papel y lápiz y en computador. Se procesaron los datos a través del uso del paquete estadístico SPSS versión 14. Se procedió a probar cada hipótesis planteada utilizando el modelo estadístico, análisis múltiple de covarianza (MANCOVA). También se usaron otros modelos estadísticos como el análisis de varianza (ANOVA) entre sujetos, de una y dos vías y se utilizó la prueba *t* de student (t-test).

4.1.1. Escala Utilizada para Evaluar Mapas de Conceptos

Los mapas fueron evaluados siguiendo el mapa criterio, tal y como lo sugieren Ruiz-Primo & Shavelson (1996) y Ruiz-Primo et al., (2001) y usando la escala de evaluación propuesta por Novak & Gowin (1984) con algunas modificaciones.

Escala de medición. Se asignó mayor puntaje a las proposiciones que a los conceptos ya que la explicación de las relaciones está considerada un indicador robusto del entendimiento. Se asignó 3, 2, o 1 punto a cada concepto, dependiendo de su complejidad y ubicación, por ejemplo: se asignó 1 punto a los conceptos correctos pero que no estaban en la ubicación correcta. Se asignó 6, 4, o 2 puntos dependiendo de la complejidad y ubicación de las proposiciones, por ejemplo: se asignó 2 puntos por proposiciones correctas que no estaban en la ubicación correcta. Se asignó 2 puntos por cruce de ideas relacionadas o por ideas integradas.

Asimismo, se evaluaron otros elementos, por ejemplo el número de nodos, líneas de enlace. El beneficio de usar ambos métodos fue que se pudo identificar las proposiciones y la precisión de la información dada.⁵

Resultados

5.1 Evaluación de Asunciones

Fueron examinadas tres asunciones del análisis multivariado, con el objeto de considerar el cumplimiento de los supuestos paramétricos: normalidad, homogeneidad de varianzas e independencia de errores. La normalidad se cumplió observando la distribución de la curva normal de la data. La homogeneidad de varianza se evaluó a través del test de Bartlett-Box, el cual indicó que no hubo violación de esta asunción. Finalmente, se obtuvo a través del test de Durbin-Watson que MANOVA cumplía con la asunción de independencia de error. La evaluación de estos supuestos paramétricos contribuyó a controlar o reducir el error Tipo I, que suele ocurrir cuando hay más de una variable criterio.

Usando el método de la distancia de Cook, se identificó y excluyó a un sujeto que era influyente en la data, es decir que sus datos desviaban considerablemente el comportamiento del grupo. Este sujeto correspondió al grupo que estudió utilizando texto, y se encontró que salió sobresaliente en ambas pruebas, pre y postest y número de proposiciones correctas al generar un mapa. El nivel de alfa utilizado fue igual a .05 ($p < .05$) para todas las pruebas estadísticas.

5.2. Análisis Preliminares. Diferencia entre las Medias del Pretest – Postest

Antes de iniciar las pruebas estadísticas correspondientes a cada pregunta de investigación, se procedió a realizar pruebas preliminares con las cuales se identificaron dos aspectos importantes, el primero relacionado en

la consistencia de los datos obtenidos en las pruebas de pretest – postest. En vista de que hubo diferencias significativas entre las medias del pretest -postest se decidió usar el pretest como variable covariante en las próximas pruebas estadísticas de las preguntas de investigación propuestas en el presente estudio. Otra prueba preliminar realizada consistió en probar la correlación entre los datos obtenidos del postest y los datos obtenidos del número de proposiciones correctas al generar un mapa de conceptos. Se quiso observar si las dos medidas dependientes usadas en el estudio podían utilizarse para medir el aprendizaje de los sujetos. Para expresar el grado de relación existente entre ambos puntajes obtenidos se realizó la prueba de correlación Producto-Momento de Pearson. Con esta prueba se obtuvo que existe una relación positiva y moderada entre ambas medidas.

5.3 Descripción y Análisis de Variables Demográficas.

Las variables demográficas se comportaron de la siguiente manera: en cuanto a los grupos étnicos se observó que el 47% de los sujetos eran Caucásicos, 41% Hispanos, 6% Indígenas- Americanos, 4% Afro-Americanos, 1% Asiáticos, 1% otros. Género: 60% femeninos. 40% masculinos. La edad promedio fue de 22 años.

Se realizó un análisis de MANCOVA, utilizando el pretest como covariante, el cual mostró, según el criterio de Lambda de Wilks, que las variables dependientes combinadas con la variable grupo étnico Wilk $\Lambda = .86$, $F(10, 116) = .87$, $p > .05$, la variable género Wilk $\Lambda = .99$, $F(2, 58) = .016$, $p > .05$ y la variable edad, Wilk $\Lambda = .65$, $F(10, 116) = .70$, $p > .05$, no resultaron significativamente afectadas por el formato de aprendizaje utilizado.

5.4 Experiencia en el Uso del Computador y Mapas de Conceptos.

76% tiene alta experiencia, 23% tiene experiencia promedio en el uso del computador, y 1% tiene baja experiencia; en su mayoría (78%) no tenían experiencia con mapas de conceptos y 92% no tenía experiencia con el software Inspiration.

5.5 Clasificación de Estilos Cognitivos que Caracterizan al Sujeto.

Esta variable se analizó a través del Cognitive Style Analysis (CSA) y se obtuvo que los sujetos se clasificaron en la dimensión analítico-holístico, de la siguiente manera: 41% se caracterizaron con estilo analítico; 31% intermedio; y 28% holístico; y en la dimensión visual-verbal, se observó que el 26% se caracterizaron por poseer un estilo verbal; 30% bimodal; y 44% visual. Una vez descritas las variables demográficas y realizados los análisis preliminares del estudio, se procede a presentar los resultados estadísticos de cada pregunta de investigación que orientaron este estudio.

Pregunta 1: ¿En qué medida el formato de aprendizaje facilita la adquisición de la nueva información?

Un análisis multivariado de covarianza (MANCOVA) se utilizó para determinar la efectividad del formato utilizado durante la actividad de aprendizaje, la cual se midió a través del uso de dos medidas dependientes, el postest y las proposiciones correctas al generar un mapa de conceptos. En el análisis realizado, producto de la combinación de los valores del postest y las proposiciones, se obtuvo que hay un incremento significativo en los conocimientos alcanzados por los sujetos que estudiaron utilizando el formato mapa. La diferencia pretest-postest fue estadísticamente significativa, por lo que se usó el pretest como covariante en el resto de los análisis.

En la Figura 1 se observa que los sujetos que usaron mapas salieron substancialmente mejor en la prueba del postest que aquellos que usaron el formato combinado o el texto. Sin embargo, se observó que no hubo diferencias significativas entre los grupos que usaron mapas o formato combinado en los resultados de las proposiciones.

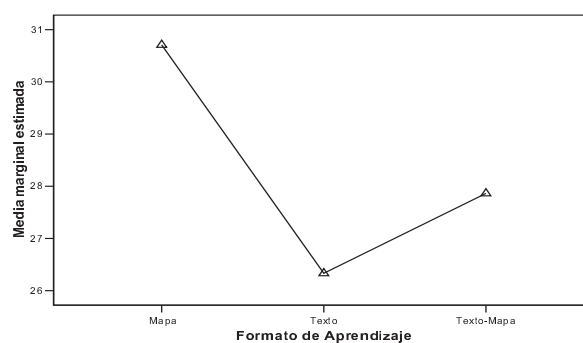


Figura 1. Efecto del formato de aprendizaje en los resultados del postest . N= 143

Pregunta 2. ¿En qué medida influyen los estilos cognitivos en el aprendizaje según el formato de aprendizaje utilizado en la tarea?

El instrumento Cognitive Style Analysis (CSA), utilizado para medir estilos cognitivos midió esta variable en dos dimensiones, la primera estuvo relacionada con la dimensión que ubica a los sujetos en un continuo ‘holístico, intermedio y analítico’. La segunda dimensión, ubica al sujeto en un continuo ‘visual, bimodal y verbal’.

Efecto del Estilo Cognitivo Holístico-Analítico en el Aprendizaje. Se realizó un MANCOVA de medidas repetidas con cada una de las variables dependientes: Postest y Proposiciones. Esto con el fin de identificar algún efecto de la variable estilos cognitivos-dimensión holístico-analítico- en el aprendizaje.

Se encontró que la interacción entre estilo holístico-analítico, formato de aprendizaje y los resultados obtenidos en el postest y proposiciones obtenidas al generar el mapa de conceptos, no fue significativa, $Wilk \Lambda = .98$, $F(8, 266) = .28$, $p > .05$. Sin embargo, se observan tendencias definidas en los gráficos obtenidos del análisis. Se observó que sujetos con estilo cognitivo ‘intermedio’ tienden a ejecutar mejores mapas de conceptos cuando aprenden con un formato combinado, que aquellos caracterizados por estilos holísticos o analíticos. Asimismo, se observa que independientemente del estilo que caracteriza al sujeto, aquellos que utilizaron texto en la actividad de aprendizaje, salieron considerablemente por debajo de la media de aquellos que usaron otros formatos.

Aunque no se observaron diferencias significativas entre la interacción de la variable estilos cognitivos, formato de aprendizaje y las variables dependientes, se logró observar producto del análisis, que independientemente del estilo cognitivo que caracterice al sujeto, el uso del mapa para aprender arrojó resultados positivos en el rendimiento del postest, $F(2, 139) = 5.09$, $MC = 233.04$, $p < .05$.

Efecto del Estilo Cognitivo Visual-Verbal en el Aprendizaje. Los mismos procedimientos estadísticos realizados con la variable estilos cognitivos, dimensión holístico-analítico, fueron aplicados a la dimensión Visual-Verbal. La prueba ómnibus, usando el criterio de Lambda de Wilks, mostró que las variables dependientes combinadas no resultaron significativamente afectadas por la variable estilos cognitivos en interacción con formatos de aprendizaje. Sin embargo, se observó una tendencia positiva en los sujetos que se caracterizan por el estilo bimodal, es decir que tienden a usar ambas formas de procesamiento del material ya sea visual o verbal.

Pregunta 3. ¿De qué manera influyen los conocimientos previos al aprender a través de un formato determinado -texto, mapa de conceptos o combinación de ambos- en las respuestas del postest que están relacionadas con transferencias complejas?

De un total de 143 sujetos que participaron en el estudio, éstos se dividieron según el resultado de la media del pretest en dos grupos, *bajos y altos* conocimientos previos. Primero, se analizaron los sujetos clasificados de bajos conocimientos previos, según la prueba, seguidamente los de alto conocimientos previos. El postest se dividió en dos conjuntos de preguntas relacionadas con transferencias simples y transferencias completas. Las preguntas de transferencias simples correspondieron a las preguntas números 3, 4, 5, 6, 8, 12, y 12b sumando un total de 16 puntos por transferencias simples. Las preguntas de transferencias complejas correspondieron a las preguntas números 1, 7, 9, 10, 11, y 12c, sumando un total de 30 puntos por transferencias complejas.

Bajos Conocimientos Previos en la ejecución de Transferencias Simples y Complejas

El test de ómnibus, usando el criterio de Lambda de Wilks, mostró que los sujetos que poseen bajos conocimientos previos y que usaron el formato de mapa lograron mayor puntaje al realizar transferencias

complejas, Wilk $\Lambda = .90$, $F(4, 142) = 1.98$, $p < .05$. Sin embargo, no se observó ningún efecto del formato en sujetos de bajos conocimientos previos que realizaron transferencias simples.

La Figura 2 muestra los sujetos con bajos conocimientos previos que tienden a disminuir su rendimiento en transferencias complejas cuando usan un texto o formato combinado. Observándose que cuando usan el formato mapa de conceptos ellos tienden a incrementar su rendimiento de manera significativa. Mientras que en la Figura 3, se observó la misma tendencia que en sujetos de bajo conocimientos previos, ambos grupos muestran tendencias positivas en el uso de mapas de conceptos, pero no así con el uso de textos o formatos combinados.

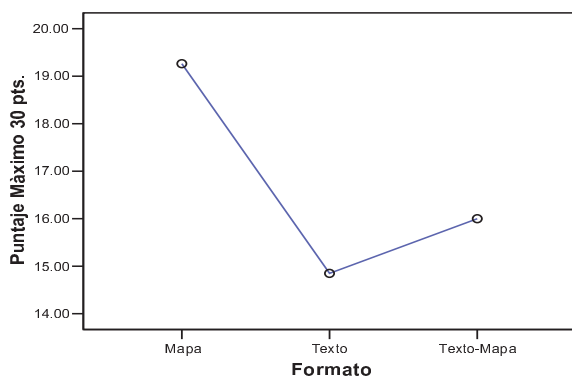


Figura 2. Efecto de bajos conocimientos previos en preguntas de transferencias complejas. N= 76

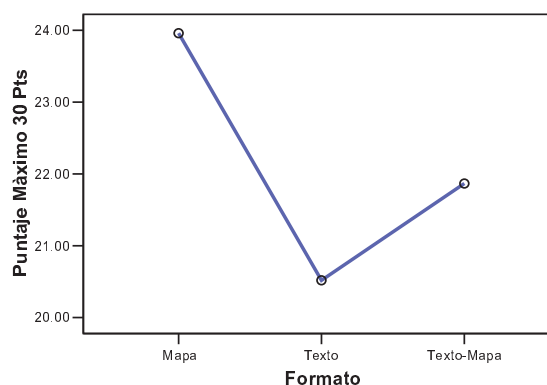


Figura 3. Efectos de altos conocimientos previos en preguntas de transferencias complejas. N= 67

Altos Conocimientos Previos en la ejecución de Transferencias Simples y Complejas. Según el criterio de Lambda de Wilks, se observa que los sujetos que poseen altos conocimientos previos y que usaron el formato de mapa lograron mayor puntaje al realizar transferencias complejas, Wilk $\Lambda = .85$, $F(4, 126) = 2.59$, $p < .05$. Asimismo, no se observó ningún efecto del formato en sujetos con altos conocimientos previos que realizaron transferencias simples.

Pregunta 4. ¿En qué medida la experiencia en el uso del computador facilita la generación de un mapa de conceptos en ambientes computarizados?

El nivel de experiencia en el uso del computador fue subcategorizada en tres niveles: alto, medio y bajo. Se realizó una prueba de ANOVA de dos vías, observándose que el efecto de la variable experiencia en el uso del computador al generar un mapa en el computador, no fue estadísticamente significativo, $F(2, 201) = .286$, $p > .05$. Lo que sugiere que la experiencia en el uso del computador no influyó en el número de proposiciones correctas al generar un mapa de conceptos.

Pregunta 5. ¿En qué medida el medio - computador o papel y lápiz- utilizado para generar un mapa de conceptos influye en el aprendizaje adquirido?

El efecto de la variable ambiente de la tarea (computador – papel y lápiz) no fue estadísticamente significativo al observar los resultados del postest o al generar un mapa de conceptos, Wilk $\Lambda = .97$, $F(2, 140) = 2.06$, $p > .05$.

6. Conclusiones

6.1 Formatos de Aprendizaje

Se aceptó la hipótesis de que los sujetos que usan mapa de conceptos obtienen mayores puntajes al realizar transferencias complejas, que aquellos que usan otros formatos. Las ganancias obtenidas en el postest por los sujetos que usaron mapas, y que superaron inclusive a aquellos que usaron formatos combinados, deja en evidencia que el uso de formatos combinados puede obstaculizar el aprendizaje en sujetos con bajos conocimientos previos (Liu, Lin & Paas, 2014). Se puede inferir que de todos los sujetos que participaron en el estudio, los que más se beneficiaron principalmente del aprendizaje con mapas, fueron los caracterizados por poseer bajos conocimientos previos.

Asimismo, se concluye que tanto el texto como el formato combinado, imponen mayor grado de dificultad al aprender a través de dichos formatos. Sin embargo, los sujetos con altos conocimientos que usaron formatos combinados lograron obtener mayores puntajes al generar un mapa. El generar un mapa o proposiciones, como se llamó en este estudio, facilitó la medición de los conocimientos estructurados, tal y como lo sugieren Ruiz-Primo et al. (1996; 2001) y Jonassen, Beissner, y Yacci, (1993), quienes afirman que la generación de un mapa puede medir con mayor precisión el conocimiento estructurado u organizado que posee el aprendiz sobre un dominio determinado.

Existe extensa evidencia experimental concerniente al papel recíproco jugado por el uso de información visual y verbal en actividades de aprendizaje (Paivio, 1971). Teóricamente se puede explicar por qué los sujetos que usaron el formato combinado pudieron obtener mejores resultados al generar un mapa de conceptos. Una de las distinciones que propone la teoría de código dual (Paivio, 1971), es que los procesos relacionados con el procesamiento visual de imágenes están vinculados funcionalmente con el estímulo o tarea, mientras que los procesos verbales son más independientes de esta dimensión. Congruente con esta propuesta teórica que apoyan los resultados de esta investigación, están los relacionados con el funcionamiento de la memoria de trabajo, específicamente el modelo de procesamiento de información propuesto por Baddeley (1986), quien sustenta que la memoria de trabajo consiste en un sistema de memoria operativa responsable de la retención y el procesamiento de la información.

6.2 Conocimientos Previos

Pudiera inferirse que los estudiantes que no poseen conocimientos suficientemente estructurados en un área de conocimientos dada, el uso del mapas puede ayudarlos a formar esta estructura; mientras que un formato combinado pudo contribuir a dividir su atención y consecuentemente restringir aún más la capacidad de memoria de trabajo, en consecuencia impedir un mejor aprovechamiento de la información. Según Chandler y Sweller (1992) y Mayer y Moreno (1998), ‘el efecto de dividir la atención’ resulta cuando el aprendiz necesita atender simultáneamente a dos o más fuentes de instrucción o actividades. Así, el efecto de los formatos combinados en estudiantes con bajos conocimientos previos, puede causar una división de su atención impidiendo la consolidación de un nuevo esquema y/o la transferencia del conocimiento adquirido al resolver un nuevo problema (Liu & Lin, 2011).

6.3 Estilos Cognitivos

Con respecto a esta variable y su interacción con las medidas dependientes, no se observó ningún efecto, debido a la inconsistencia del instrumento utilizado para medir. Se sugiere seguir explorando su efecto en el aprendizaje, utilizando otros instrumentos que reporten altos niveles de confiabilidad.

7. Limitaciones del Estudio

El instrumento utilizado para medir los estilos cognitivos (CSA) fue una limitación en el estudio. Se observó que el instrumento no fue lo significativamente sensible a las diferencias de estilos cognitivos y su interacción con las medidas dependientes de los estudiantes.

8. Reconocimiento

Un especial reconocimiento a la Dra. Roxana Moreno[†] quien facilitó el laboratorio, y contribuyó al diseño y revisión de análisis de datos de esta investigación.

References

- Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organizers in the learning and retention of meaningful verbal materials. *Journal of Educational Psychology*, 5(1), 267-272.
- Baddeley, A. (1986). *Working Memory*. Oxford: Clarendon Press.
- Carlson, R., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). Learning and Understanding Science Instructional Material. *Journal of Educational Psychology*, 95, (3). 629-640
- Jonassen, D., & Grabowski, B. (1993). *Handbook of individual differences: Learning & instruction*. Hillsdale, NJ: Lawrence Earlbaum Associates.

- Jonassen, D. H., Beissner, K., & Yacci, M. (1993). *Structural knowledge: Techniques for representing, conveying, and acquiring structural knowledge*. Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Liu, T. C., & Lin, P. H. (2011). What comes with technological convenience? Exploring the behaviors and performances of learning with computer-mediated dictionaries. *Computers in Human Behavior, 27*, 173-183.
- Liu, T. C., Lin, Y. C., & Paas, F. (2014). Effects of prior knowledge on learning from different compositions of representations in a mobile learning environment. *Computers & Education, 72*, 328-338.
- Mayer, R. & Moreno, R.(1998). A split-attention effect in multimedia learning: Evidence for dual-processing systems in working memory. *Journal of Educational Psychology, 90*, 358-368.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven plus or minus two: Some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review, 63*, 81-97.
- Mintzes, Z., Wandersee, J., & Novak, J. (2000). (Eds.). *Assessing science understanding through concept Maps*. California: Academic Press.
- Novak, J. D. (1998). *Learning, creating, and using knowledge: Concept maps as facilitative tools in schools and corporations*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- Novak, J. D. & Gowin, D.B.(1984). *Learning how to learn*. NY: Cambridge University Press.
- Paas, F & Ayres, P. (2014). Cognitive Load Theory: A Broader View on the Role of Memory in Learning and Education. *Educational Psychology Review, 26*, 191-195.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart & Winston.
- Riding, R. (1991,1998a,). *Cognitive styles analysis-CSA administration*. Birmingham; Learning and Training Technology.
- Royer, R. & Royer, J. (2004). Comparing hand draw and computer generated concept mapping. *Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching 23*, 67-8.
- Ruiz-Primo, M. A. & Shavelson, R, J. (1996). Problems and issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching, 33*, 569-600.
- Ruiz-Primo, M. A., Schults, S. E., Li, M., & Shavelson, R. J. (2001). Comparison of the reliability and validity of scores from two concept-mapping techniques. *Journal of Research in Science Teaching, 38*(2), 260-278.
- Sweller, J.(1994). Cognitive load theory, learning difficulty and instructional design, *Learning and Instruction, 4*, 295-312.
- Sweller, J.(2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science, 32*, 9-31.
- Sweller, J. & Chandler, P.(1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction, 12*(3), 185-233.
- van Merriënboer, J., & Sweller, J. (2010). Cognitive Load Theory in health professional education: Design principles and strategies. *Medical Education, 44*, 85-93.