

EFFECTOS DE LA EXPERIENCIA COLABORATIVA PREVIA Y EL CONOCIMIENTO DE
DOMINIO ESPECÍFICO EN LA EFECTIVIDAD Y EFICIENCIA DEL APRENDIZAJE
COLABORATIVO: UNA PERSPECTIVA DE LA CARGA COGNITIVA.

Tesis Doctoral presentada por:

Jimmy Antonio ZAMBRANO RAMÍREZ

Para optar al grado de Doctor en Educación

Tutora:

Zuleima SANTALLA DE BANDERALI

Caracas, noviembre 2018

A mi esposa Marcia y a mis hijos Zoe y Jimmy por su amor y por soportar la carga de mis distracciones en estos esfuerzos académicos.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo representa una parte de un proyecto de investigación que comenzó el 2013. Estos estudios los he realizado gracias a la gran guía de mis mentores Paul A. Kirschner de la Universidad Abierta de Holanda, Femke Kirschner de la Universidad de Utrecht y Zuleima Santalla de la Universidad Católica Andrés Bello. Mientras trabajaba con Zuleima Santalla en el diseño y posterior reporte de esta tesis, tuve la oportunidad de contribuir en una publicación con John Sweller. He aprendido mucho y sigo aprendiendo gracias a la colaboración con estos grandes académicos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	3
RESUMEN	6
INTRODUCCIÓN	7
EL PROBLEMA Y LOS OBJETIVOS.....	7
CONSIDERACIONES ÉTICAS.....	10
MARCO TEÓRICO	11
TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA	11
<i>El constructo “carga cognitiva” y sus supuestos</i>	<i>11</i>
<i>Arquitectura cognitiva humana actualizada.....</i>	<i>17</i>
<i>Categorías de la carga cognitiva.....</i>	<i>19</i>
<i>Efectos de la carga cognitiva.....</i>	<i>22</i>
<i>Categorías del conocimiento humano.....</i>	<i>26</i>
LA CARGA COGNITIVA COLABORATIVA	28
MÉTODO.....	39
EXPERIMENTO 1	39
PROBLEMA INVESTIGADO	39
HIPÓTESIS	39
DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	40
TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	42
DISEÑO MUESTRAL.....	44
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	44
MATERIALES Y APARATOS.....	45
PROCEDIMIENTO.....	49
EXPERIMENTO 2	52
PROBLEMA INVESTIGADO	52
HIPÓTESIS	52
DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	53
TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	54
DISEÑO MUESTRAL.....	55
INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN.....	55
MATERIALES Y APARATOS.....	56

PROCEDIMIENTO.....	58
RESULTADOS	61
EXPERIMENTO 1	62
EXPERIMENTO 2	91
DISCUSIÓN	122
DISCUSIÓN DEL EXPERIMENTO 1.....	122
DISCUSIÓN DEL EXPERIMENTO 2.....	129
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	136
REFERENCIAS.....	140
ANEXOS	153

Resumen

Este trabajo doctoral tuvo el propósito de contribuir con la comprensión de las ventajas y limitaciones del aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la carga cognitiva. En específico, se reportan dos estudios experimentales de campo que pretendieron responder a dos cuestiones empíricas: (1) cómo la condición social de aprendizaje (i.e., grupos con experiencia colaborativa previa vs. individuos) y el conocimiento de dominio específico (novatos vs. avanzados) interactúan afectando la efectividad (i.e., desempeño) y la eficiencia (i.e., combinación de desempeño y esfuerzo mental) del proceso y resultados de aprendizaje; (2) y cómo la experiencia colaborativa previa en tareas generalizables (grupos con experiencia previa vs. grupos sin experiencia previa) y el conocimiento de dominio específico (novatos vs. avanzados) interactúan afectando la efectividad y la eficiencia del proceso y resultados de aprendizaje. Los resultados de los dos estudios nos permiten concluir que el conocimiento previo de dominio específico es la variable que explica en mayor medida el desempeño y la eficiencia del aprendizaje tanto en la intervención (i.e., etapa aprendizaje) como en los resultados (i.e., fase de retención). Proveer a los estudiantes de esquemas de conocimiento parcialmente desarrollados sobre la tarea de aprendizaje tiene un mayor impacto en la eficiencia y eficacia que el aprender en grupo o individualmente, y que el grado de experiencia colaborativa previa del grupo. Este trabajo tiene implicaciones para el diseño de ambientes de aprendizaje: la ventaja de aprender en grupos con experiencia colaborativa previa o de aprender individualmente, en relación al desempeño y la eficiencia cognitiva, depende de los conocimientos previos sobre la tarea. Se sugiere que, si los estudiantes no tienen conocimientos previos de la tarea de aprendizaje, aprender en grupos que tienen experiencia colaborativa previa está asociado a un mejor desempeño y eficiencia que aprender individualmente o en grupos que no tienen experiencia colaborativa previa. Sin embargo, cuando los alumnos tienen conocimiento previo sobre la tarea, es mejor diseñar ambientes de aprendizaje individual o colaborativo sin experiencia grupal previa.

Palabras clave: aprendizaje individual, aprendizaje colaborativo, experiencia colaborativa previa, conocimiento previo, teoría de la carga cognitiva.

INTRODUCCIÓN

EL PROBLEMA Y LOS OBJETIVOS

El aprendizaje colaborativo está captando la atención de los académicos de la psicología educativa. A diferencia de las perspectivas socio-críticas (e.g., Freire, 1970) que ponen el énfasis en la construcción del conocimiento compartido, en las interacciones sociales, las prácticas culturales y las transformaciones personales y sociales (Hakkarainen, Paavola, Kangas, & Seitamaa-Hakkarainen, 2013), las perspectivas psicológicas, en particular el enfoque cognitivo, centran su atención en el mecanismo atencional, el sistema de memoria, las representaciones del conocimiento, la solución de problemas, entre otros (Sternberg & Sternberg, 2017). Así, actualmente la perspectiva cognitiva está aportando una comprensión del aprendizaje colaborativo desde las características del individuo, su interacción con los otros y con la tarea de aprendizaje.

Esto ha dado lugar al desarrollo de teorías de la instrucción, tales como la teoría de la carga cognitiva (TCC), la cual se caracteriza por considerar cómo influyen las severas limitaciones de la memoria de trabajo (MT) en la construcción de los esquemas o estructuras representacionales del conocimiento que se almacenan en la memoria de largo plazo (MLP) en situaciones de aprendizaje de tareas complejas.

El aprendizaje colaborativo es una técnica instruccional que es utilizada desde múltiples enfoques teóricos y para diferentes propósitos educativos (ver Hmelo-Silver & Chinn, 2015). Sin embargo, uno de los aspectos relegados en la investigación de la colaboración es el rol de la arquitectura cognitiva humana individual y colectiva (F. Kirschner, Paas, & Kirschner, 2009a). La falta de atención a las capacidades y limitaciones de los sistemas de memoria podría explicar por qué los resultados de las investigaciones sobre el aprendizaje colaborativo no siempre son favorables en comparación con el aprendizaje individual (F. Kirschner et al., 2009a).

Tal y como ya se señaló, la TCC es una teoría instruccional basada en el funcionamiento de los sistema de memoria (i.e., arquitectura cognitiva) cuya investigación pretende identificar cuáles

factores favorecen o inhiben el aprendizaje según si los materiales, las tareas o las condiciones instruccionales en general producen carga cognitiva productiva o improductiva (Sweller, Ayres, & Kalyuga, 2011). En este sentido, a pesar de ser una teoría ampliamente aceptada en la psicología instruccional, los estudios se han realizado mayormente en condiciones de aprendizaje individual, siendo la investigación sobre el aprendizaje colaborativo muy reciente y aún inconclusa (vea la revisión de P. A. Kirschner, Sweller, Kirschner, & Zambrano R., 2018).

Hasta el momento, en las investigaciones desde la perspectiva de la carga cognitiva se han examinado los efectos de la complejidad de la tarea (i.e., simple versus compleja), el tipo de instrucción (i.e., ejemplos resueltos versus problemas convencionales) y el conocimiento previo de la tarea. Sin embargo, aún no se ha explorado la experiencia colaborativa previa en un dominio o tarea generalizable (P. A. Kirschner et al., 2018). Existe un estudio del autor de esta investigación que presentan evidencia preliminar de la existencia de un efecto positivo de la experiencia colaborativa previa sobre el aprendizaje (Zambrano R., Kirschner, & Kirschner, 2018b). Sin embargo, es necesario comparar grupos con y sin experiencia colaborativa con estudiantes individuales.

Así, aunque la TCC ha puesto sustancial atención al aprendizaje individual y ha contribuido con muchos efectos que guían el diseño de entornos adecuados de aprendizaje, existe la necesidad de comprender mejor los factores de carga cognitiva que explican las ventajas y desventajas del aprendizaje grupal (P. A. Kirschner et al., 2018).

A fin de disminuir esta brecha de conocimiento, la presente investigación pretende contribuir a la comprensión de cómo el conocimiento previo y la experiencia colaborativa previa son factores de carga cognitiva que afectan el proceso y los resultados del aprendizaje colaborativo, y compararlos con el aprendizaje individual; aportando evidencia empírica de los efectos principales y de interacción que tienen tanto la experiencia colaborativa previa en un dominio análogo (i.e., tareas generalizables a otras tareas) y el conocimiento previo sobre la efectividad y eficiencia del aprendizaje colaborativo. En particular, se pretende responder a las siguientes preguntas:

- ¿Cómo la condición social de aprendizaje (i.e., grupos vs. individuos) y el conocimiento de dominio específico (novatos vs. avanzados) interactúan afectando la efectividad (i.e., desempeño) y la eficiencia (i.e., combinación de desempeño y esfuerzo mental) del proceso y resultados de aprendizaje?
- ¿Cómo la experiencia colaborativa previa en tareas generalizables (grupos con experiencia previa vs. grupos sin experiencia previa) y el conocimiento de dominio específico (novatos vs. avanzados) interactúan afectando la efectividad (i.e., desempeño) y la eficiencia (i.e., combinación de desempeño y esfuerzo mental) del proceso y resultados de aprendizaje?

La búsqueda de respuestas a estas dos interrogantes se justifica dada la necesidad de mejorar las condiciones de aprendizaje escolar. Una técnica instruccional bastante generalizada es el aprendizaje colaborativo. Sin embargo, aún no se cuenta con suficiente evidencia empírica de cuáles son los factores que están asociados a un mejor aprendizaje grupal, considerando la carga cognitiva producida por los procesos cognitivos individuales e interindividuales involucrados. Además, hace falta más conocimiento sobre cómo la TCC ayuda a comprender los procesos colaborativos, y comparar si los resultados de éstos son mejores en comparación con los obtenidos en condiciones individuales de aprendizaje.

La investigación sobre el aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la carga cognitiva no solo contribuirá a la comprensión de cuáles son las condiciones que resultan favorables para el trabajo en grupo, sino que también permitirá extender la teoría misma (P. A. Kirschner et al., 2018). Hasta el momento la TCC ha prestado atención casi exclusiva al aprendizaje individual. Sin embargo, la investigación sobre el aprendizaje colaborativo permitirá contrastar sus efectos con los encontrados a nivel individual. Por ejemplo, un efecto que se considera en este estudio es la revisión de la experticia (Kalyuga, Ayres, Chandler, & Sweller, 2003). Pero hace falta comprender la revisión de la experticia colectiva, es decir, cuando los miembros de un grupo ya han adquirido estructuras relevantes de conocimiento específico y cómo las interacciones entre ellos facilitan o perjudican el aprendizaje grupal e individual subsiguiente. Además, la investigación permitirá proponer nuevos efectos (e.g., el efecto de la experiencia colaborativa previa) y proveer lineamientos para el diseño de entornos adecuados de aprendizaje grupal.

Consideraciones Éticas

La investigación se llevó a cabo como parte del programa de matemáticas de los estudiantes de segundo de bachillerato. Sin embargo, se solicitó autorización al centro educativo público donde se condujo el estudio, los estudiantes fueron informados y se les pidió su consentimiento. Aunque se controló la distribución aleatoria con base en los listados estudiantiles con nombres y apellidos, los nombres de los estudiantes fueron reemplazados por códigos para el tratamiento de los datos. Así se mantuvo el anonimato de los participantes.

MARCO TEÓRICO

Teoría de la Carga Cognitiva

La TCC es un enfoque instruccional basado en el funcionamiento de la arquitectura cognitiva humana y su rol en el aprendizaje y la resolución de problemas escolares (Sweller, 1994, 2016b; Sweller et al., 2011). Esta arquitectura incluye la consideración de los límites de la MT, la organización multinivel de los conocimientos almacenados en la MLP y la interacción de estos dos sistemas. La investigación de esta interacción marcó una primera versión de la TCC (Moreno & Park, 2010). Pero su versión reciente ha puesto énfasis en las categorías del conocimiento y los principios de la arquitectura cognitiva humana tomando analógicamente la perspectiva biológica evolutiva (Paas & Sweller, 2012; Sweller, 2003, 2008). Este nuevo enfoque de la TCC pretende dar mayor poder explicativo de los efectos encontrados y generar un rango más amplio de hipótesis (Sweller, 2016a). En este apartado se presenta una revisión general de la TCC, enfocándose en el constructo y supuestos de la carga cognitiva, la arquitectura cognitiva humana, las categorías de carga cognitiva, los efectos hallados empíricamente y las categorías del conocimiento.

El constructo “carga cognitiva” y sus supuestos

La TCC es una teoría de la instrucción y del aprendizaje (Sweller et al., 2011) cuyo propósito es explicar el fenómeno psicológico denominado *aprendizaje* que resulta de la instrucción (Moreno & Park, 2010), entendiéndose “aprendizaje” como la adquisición de nuevos conocimientos y el uso de dichos conocimientos en la realización de determinadas tareas. El constructo *carga cognitiva* se lo define generalmente como las demandas de recursos de la memoria de trabajo producidas por una tarea específica de aprendizaje (Kalyuga, 2015). Aunque la teoría es reciente, surgió casi después de otro constructo similar, como es el de carga mental o de trabajo (Kalsbeek, 1971; Moray, 1979). El uso del término “carga mental”, si bien alude a un amplio espectro de actividades humanas, suele restringirse a actividades mentales y físicas resultantes de la interacción entre humanos y sistemas tecnológicos (Jex, 1988). La carga mental se ha asociado a la dificultad experimentada al realizar una tarea y su uso se ha ampliado al campo social y

organizacional (Groenewegen & Hutten, 1991). Aunque se ha sugerido que el constructo “carga mental” está relacionado con factores tales como la voluntad de invertir esfuerzo en tareas significativas (MacDonald, 2003), la teoría de la carga cognitiva se ha centrado en los aspectos cognitivos asociados tradicionalmente a la memoria de trabajo (Baddeley, 2011; Cowan, 2005), los cuales intervienen en el procesamiento y almacenamiento temporal de los elementos de información (relevantes o no) implicados en una tarea o problema de aprendizaje (Kalyuga & Singh, 2016; Sweller et al., 2011; Sweller & Chandler, 1994). Como se puede observar, la TCC ha sido influida por la noción de carga mental y por la metáfora de los humanos como procesadores de información (R. C. Atkinson & Shiffrin, 1968; Mayer, 2012).

De esta forma, el supuesto básico de la TCC es que los humanos procesan la información mediante *múltiples memorias de almacenamiento*. La TCC asume que la arquitectura cognitiva humana está compuesta por una MT severamente limitada en cuanto a capacidad de almacenamiento y duración, cuando la información es nueva, y una memoria a largo plazo (MLP) que puede “mantener un ilimitado número de elementos a manera de esquemas organizados jerárquicamente” (Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1998, p. 1). Es decir, la TCC parte del modelo de memoria de Atkinson y Shiffrin (1968) (ver Figura 1) incorporando algunas variantes como se verá más adelante.

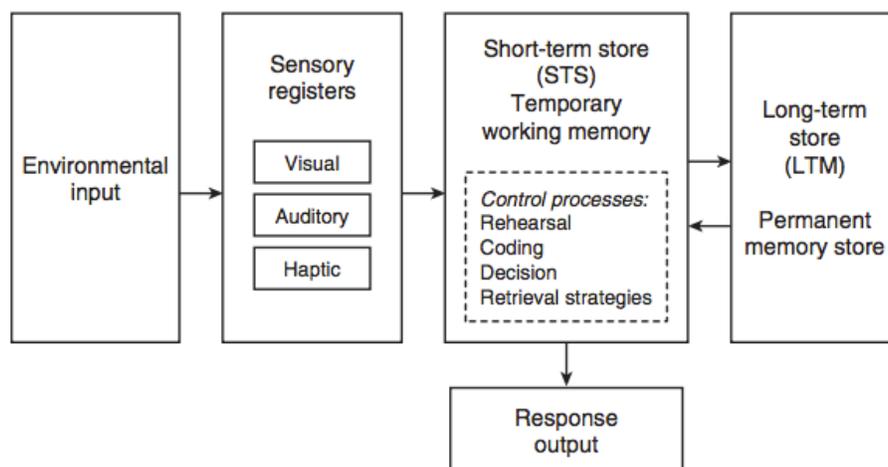


Figura 1. El modelo de procesamiento de información de Atkinson y Shiffrin (1968).

La MT tiene severas limitaciones porque solo puede procesar y mantener simultáneamente alrededor de 7 ± 2 elementos nuevos de información (Miller, 1956) durante 20 segundos aproximadamente (L. R. Peterson & Peterson, 1959), tiempo después del cual la información se pierde completamente a menos que sea transferida a otro almacén de memoria más permanente. Por esta razón, se sugiere que la MT es un reservorio de recursos cognitivos limitados que pueden ser invertidos de acuerdo a las demandas de las tareas de aprendizaje.

Teniendo en cuenta estas limitaciones, la carga cognitiva también es considerada como la cantidad de unidades o elementos de información interactivos que se deben procesar simultáneamente en la MT (Chen, Kalyuga, & Sweller, 2016a; Sweller et al., 2011). En la medida en que aumenta el número de elementos de información y la interactividad entre ellos, el individuo debe invertir más recursos cognitivos para poder comprenderlos y aprenderlos. Si una tarea requiere procesar una secuencia de representaciones mentales o elementos de información que supera los límites de duración y capacidad de procesamiento de la MT, la persona experimenta sobrecarga cognitiva deteriorándose substancialmente el aprendizaje de la tarea en cuestión. En consecuencia, los estudios se han enfocado en precisar las mejores condiciones para aprender eficientemente considerando las limitaciones de la MT.

Otro supuesto de la TCC es que la MT se comporta según el *nivel de elementos simultáneos de información* de la tarea a ser aprendida (i.e., la complejidad de la tarea) y del nivel de conocimiento relevante almacenado en la MLP (Chen et al., 2016a; Kalyuga et al., 2003). En este sentido, asumiendo niveles motivacionales estables en el estudiante, hasta el momento se conoce que el impacto de la interactividad de los elementos de información sobre la MT depende de si el estudiante tiene o no conocimientos previos relacionados con las tareas complejas que pretende aprender (Blayney, Kalyuga, & Sweller, 2010). Tal y como ya se señaló, cuando el estudiante debe aprender una tarea nueva y ésta supera los límites de capacidad y duración de su MT, experimenta sobrecarga lo cual afecta negativamente su desempeño. Sin embargo, cuando tiene conocimientos previos relevantes sobre la tarea en cuestión, los elementos de información interactivos no perjudican el procesamiento de la MT, ya que el estudiante los puede tratar como elementos encapsulados (Schmidt & Boshuizen, 1992), reduciéndose así la cantidad de elementos individuales a ser procesados por la MT. Esto le permite tener más capacidad cognitiva para lidiar con más elementos de información interactiva de forma simultánea.

En la TCC también se asumen los supuestos básicos del modelo de MT de Baddeley y sus colegas (Baddeley, 1986, 2000; Baddeley, Allen, & Hitch, 2011) (ver Figura 2), quienes a diferencia de Atkinson y Shiffrin (1968), la dividen en un canal que procesa la información audio-visual y en un canal para la información hablada/auditiva (Sweller, Van Merriënboer, & Paas, 1998). La TCC sugiere que la *MT funciona mejor cuando la información se distribuye entre ambos canales de manera no redundante* (Mayer & Moreno, 2003; Mousavi, Low, & Sweller, 1995).

En su modelo de MT, Baddeley propuso la existencia de un componente que regula la MT denominado “ejecutivo central”. Este investigador sugirió que este sería el componente más complejo de la MT: podría ser capaz de enfocar la atención, de dividirla entre dos objetos importantes, y de controlar el sistema para cambiar el foco entre diferentes tareas (Baddeley, 2011). Para este autor, una cuarta tarea del ejecutivo central sería la capacidad de interactuar con la MLP (Baddeley, 2011). Sin embargo, a diferencia de lo planteado en el modelo de MT de Baddeley, en la TCC se asume que el ejecutivo central está en los esquemas de conocimientos almacenados en la MLP. En este sentido, Sweller (2003) argumenta que “los esquemas dirigen la solución de subsecuentes problemas similares en la manera en que se espera que lo haga un ejecutivo central” (Sweller, 2003, p. 228).

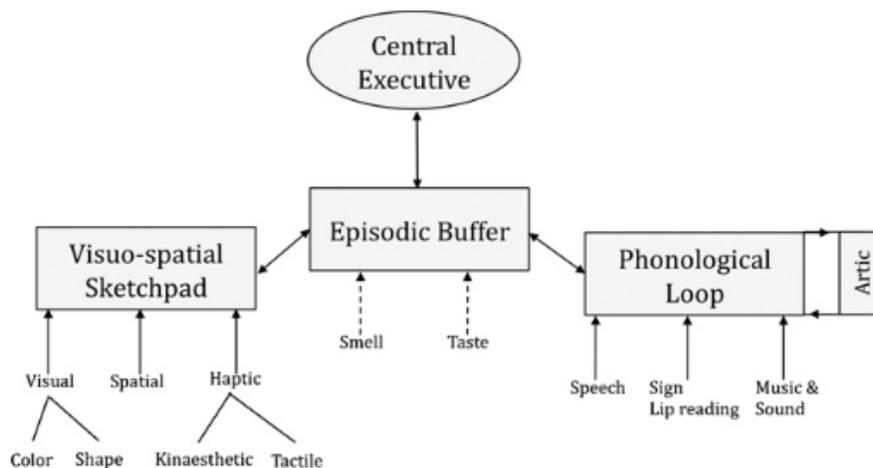


Figura 2. Modelo revisado de memoria de trabajo (Baddeley et al., 2011, p. 1399).

Esto lleva a señalar que en la TCC también se incorporan los supuestos de la teoría de *los esquemas* en términos de información elaborada y organizada jerárquicamente en la MLP. En un

esquema se categorizan los elementos de información según la manera en que son usados (Sweller et al., 1998). Los esquemas no solo proveen un mecanismo de organización del conocimiento en la MLP, sino que reducen la carga cognitiva de la MT. En este sentido, debido a que la MT puede procesar y mantener solo unos pocos elementos de información, ésta puede recuperar de la MLP gran cantidad de elementos de información encapsulados en un solo esquema de conocimiento (ver Figura 3). Esto permite al individuo lidiar con tareas altamente complejas gracias a los conocimientos relevantes adquiridos previamente sobre tal tarea.

Como se puede observar, la TCC también tiene conexión con el constructo *memoria de trabajo a largo plazo* (MTLP) de Ericsson y Kintsch (1995), quienes asumen que la MT debe incluir otro mecanismo basado en el uso competente del almacenamiento en la MLP. Ericsson y Kintsch propusieron que la distinción tradicional entre la memoria de corto plazo (MCP) y la MLP (R. C. Atkinson & Shiffrin, 1968) es inadecuada para explicar una gran cantidad de evidencia sobre la lectura y otras habilidades cognitivas complejas. Ellos han indicado que los individuos con un alto nivel de conocimientos de dominio específico procesan información relevante ya almacenada en la MLP, mientras que aquellos con menos conocimientos dependen de las limitaciones de la MT (Ericsson & Delaney, 1999). Es decir, la capacidad efectiva de la MT se amplía mediante el uso de la MTLP. Al momento ya se cuenta con propuestas teóricas e investigaciones que intentan asociar la TCC con la MTLP (Pachman, Sweller, & Kalyuga, 2013, 2014; Van Gog, Ericsson, Rikers, & Paas, 2005).

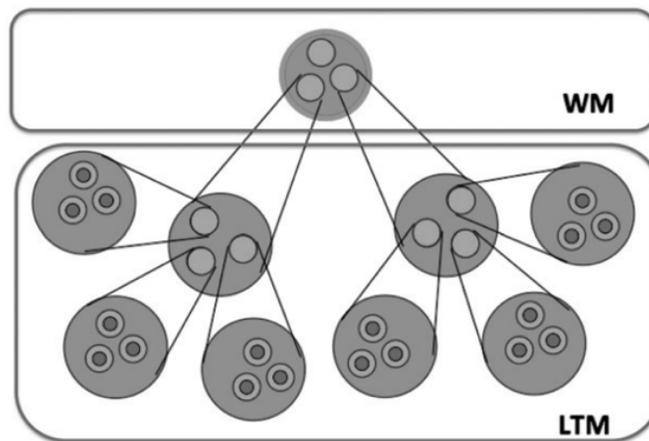


Figura 3. La MT encapsula la información recuperando muchos elementos de la MLP (Young, Van Merriënboer, Durning, & Ten Cate, 2014, p. 374).

Otro supuesto de la TCC es la *automatización de los esquemas*. Cuando los esquemas nuevos son aprendidos, requieren ser procesados conscientemente produciendo una carga cognitiva sustancial. Sin embargo, una vez adquiridos y mediante práctica extensa (i.e., práctica deliberada, Van Gog et al., 2005), la MT puede recuperarlos de forma automática con un mínimo de esfuerzo consciente (Kalyuga et al., 2003; Sweller et al., 1998). Hay que señalar también que la literatura sobre la TCC sugiere que todos los problemas de aprendizaje se pueden automatizar con independencia del grado de estructuración de los mismos. Los problemas estructurados o bien definidos son, por ejemplo, los de matemáticas o ciencias, mientras que los no definidos son los de literatura, historia o filosofía, por citar algunos (Jonassen, 1997). Aparentemente, la automatización de los esquemas parece ser más viable para los problemas bien definidos ya que estos tienen una sola respuesta correcta y un solo procedimiento para encontrarla. Sin embargo, Van Merriënboer y Kirschner (2013) han sugerido que la automatización de tareas no estructuradas (las cuales son usuales en la vida real) se puede lograr mediante la práctica guiada de sus aspectos no recurrentes. Asimismo, Kalyuga (2015) ha mostrado que la instrucción explícita con ejemplos variados (i.e., presentando diferentes ejemplos resueltos de una tarea) ayuda a los estudiantes a adquirir esquemas de conocimiento flexibles. La automatización ha sido asociada con el constructo *transferencia*, es decir, que en la medida que los esquemas se automatizan, los estudiantes pueden transferirlos a problemas relativamente diferentes (Sweller et al., 2011).

Otro supuesto de la TCC es que la *instrucción debe ser personalizada* de acuerdo a las limitaciones de la MT y los esquemas adquiridos en la MLP (Kalyuga, 2007). Como se indicó anteriormente, cuando se han adquirido esquemas de conocimiento relevantes para resolver un problema complejo de aprendizaje, la MT experimenta menos carga cognitiva que cuando no se tiene tales esquemas. La investigación desde la perspectiva de la TCC ha mostrado suficiente evidencia empírica que muestra que la instrucción para estudiantes avanzados debe ser diferente a la instrucción que es efectiva para los novatos. Si los estudiantes avanzados reciben instrucción con mucha guía instruccional, ocurre el efecto de reversión de la experticia (Blayney, Kalyuga, & Sweller, 2015a; Chen et al., 2016a; Kalyuga, 2007; Kalyuga et al., 2003) que, como se explicará más adelante, hace que los estudiantes avanzados tengan igual o peor desempeño y experimenten mayor carga cognitiva que los estudiantes novatos.

Estos supuestos están implicados cuando se afirma que la TCC se basa en la estructura cognitiva humana. De hecho, en una primera versión de la TCC se indicaba que la arquitectura humana estaba conformada por los dos sistemas de memoria arriba descritos, sugiriendo que la arquitectura cognitiva puede ser resumida de esta manera: “Tenemos una memoria de trabajo limitada que trata con todas las actividades conscientes y una memoria a largo plazo efectivamente ilimitada que puede ser usada para almacenar esquemas con varios grados de automatización” (Sweller et al., 1998, p. 258). Sin embargo, pocos años más tarde Sweller sugirió que la arquitectura cognitiva humana también está gobernada por los principios que subyacen a los sistemas naturales o biológicos de procesamiento de información (Sweller, 2003, 2004). La relación de la TCC con la teoría evolutiva llevó a Sweller a buscar un marco teórico que explicase mejor por qué los humanos adquieren ciertos conocimientos con esfuerzo y otros no. Esto lo llevó a echar mano de las categorías de conocimiento biológicos primarios y secundarios de la psicología educativa evolutiva de Geary (Geary, 2012; Sweller, 2008).

Arquitectura cognitiva humana actualizada

Tomando analógicamente la teoría de la evolución biológica (Siegler, 1996), en la TCC se plantea que los mecanismos de la arquitectura cognitiva humana deben incorporar los procesos y funciones de la evolución por selección natural (Sweller et al., 2011). Para esto, Sweller compara la operación de la cognición humana con la teoría de la evolución, proponiendo que ambos son sistemas de procesamiento de información natural (Sweller, 2003, 2004, 2016a). Por esta razón, la arquitectura cognitiva humana ahora es descrita mediante cinco principios básicos:

- *Principio de almacenamiento de información.* Este principio asevera que cualquier sistema natural de procesamiento de información tiene un gran almacén de información que gobierna sus interacciones con el ambiente. En la arquitectura cognitiva humana, la MLP realiza esta función debido a que almacena una gran base de esquemas de conocimientos que operan como un ejecutivo central para interactuar adecuadamente con el ambiente de aprendizaje y resolver tareas complejas.

- *Principio de prestación y reorganización.* Este principio sostiene que la información almacenada en la MLP proviene de otros almacenes o recursos de información. Este préstamo no produce una copia exacta en la MLP sino una esquematización reorganizada de la información entrante. Este principio se aprecia cuando los humanos imitan, escuchan, observan o leen la información de otros para almacenarla en la MLP con una organización propia. En otras palabras, los estudiantes no descubren una nueva información o solución de un problema, sino que la adquieren basados en informaciones elaboradas por otros.
- *Principio de origen aleatorio:* Este principio asevera que cuando el problema a resolver es completamente nuevo, es decir, no se cuenta con conocimientos relevantes prestados de otros sistemas, el problema se aborda mediante procesos aleatorios de análisis de medios y fines, y de ensayo y error (Simon & Newell, 1972). Estos procesos generales producen nueva información sobre tal problema. En la arquitectura cognitiva humana, cuando no existen esquemas específicos sobre el problema, el mecanismo más importante para la generación de nuevos conocimientos es la búsqueda aleatoria de información o de soluciones que son probadas para saber si son efectivas o no (Kalyuga, 2015). En estos casos, el aprendiz utiliza sus conocimientos generales sobre resolución de problemas de acuerdo a sus experiencias previas que no necesariamente están asociadas al problema en cuestión.
- *Principio de limitaciones reducidas para el cambio:* Este principio indica que los cambios en el gran almacén de información son lentos y no aleatorios para evitar destruir su funcionalidad. En la arquitectura cognitiva humana este principio se representa por la MT, la cual es severamente limitada en capacidad y duración, ya que permite procesar poca información nueva. Si la información nueva supera los límites de la MT, el sistema experimenta sobrecarga perjudicando el aprendizaje.
- *Principio de organización y vínculo ambiental:* La información almacenada guía el comportamiento del sistema en su ambiente externo. Cuando la información se usa desde el almacén del sistema, los límites estrechos de la MT se reducen o desaparecen. Ante la necesidad de resolver problemas complejos, la cognición humana recurre a los conocimientos

organizados y almacenados en la MLP para manipularlos en la MT y poder resolverlos apropiadamente.

Cabe señalar que el principio de préstamo y reorganización es aplicable cuando la información es producida por otro sistema análogo. En otras palabras, todo el conocimiento humano es cognoscible por ser producto de arquitecturas cognitivas similares. Además, como indican Schnotz and Kürschner (2007), el tener una mayor capacidad cognitiva no necesariamente resulta negativo para la funcionalidad de la MLP, ya que una gran MT permitiría almacenar y anticipar gran cantidad de secuencias de operaciones cognitivas. Además, uno de los supuestos de la TCC es lograr optimizar la MT para lograr adquirir más elementos de información de la MLP. Esto presupone ampliar los esquemas de conocimientos para ser más eficientes en la resolución de problemas. Por tanto, sería deseable ampliar la capacidad y duración de procesamiento y almacenamiento temporal de la MT considerando que la mayoría de problemas reales son altamente complejos.

Categorías de la carga cognitiva

Como se señaló anteriormente, la carga cognitiva se refiere a las demandas de recursos de memoria de trabajo producidas por un problema de aprendizaje. La cantidad de recursos requeridos se cuantifica en términos del número de elementos de información interactivos o interconectados de una tarea (Paas, Renkl, & Sweller, 2004). Así, la interactividad de los elementos de información es el concepto fundamental de la TCC, ya que en función de ellos se establece la carga cognitiva. “Un elemento es cualquier cosa que necesita ser aprendida o procesada, o que ha sido aprendida o procesada” (Sweller et al., 2011, p. 58). En otras palabras, los elementos de información son otra forma de denominar a los esquemas.

Como se indicó anteriormente, los esquemas de conocimiento son estructuras organizadas jerárquicamente y compuestas de sub-esquemas o sub-elementos de información almacenadas en la MLP. Antes de ser adquiridos en la MLP, estos sub-elementos de información están disponibles en materiales de aprendizaje a manera de elementos o unidades de información individuales. Pero, durante el proceso de aprendizaje, estos elementos son elaborados, organizados y mantenidos temporalmente en la MT, y posteriormente almacenados en la MLP de

forma interconectada. Una vez almacenados en la MLP, la MT los recupera de forma encapsulada (Schmidt & Boshuizen, 1992), como si fueran un solo esquema (simultaneidad de elementos interactivos) (ver Figura 3). De esta manera, Sweller iguala los elementos de información no aprendidos con los elementos de información almacenados en la MLP. Así, la carga cognitiva depende de la cantidad e interactividad de los elementos de información que deben ser almacenados. A mayor cantidad e interactividad de los elementos de información, mayor será la carga cognitiva que ellos producen en la MT hasta que son almacenados en la MLP.

Según la cantidad e interactividad de elementos, la TCC ha definido dos categorías de carga cognitiva según si contribuyen o no al aprendizaje, considerando las limitaciones de la MT: (a) carga cognitiva intrínseca y (b) carga cognitiva ajena. Estos dos tipos de carga cognitiva son aditivos en el sentido de que ambas interactúan durante el aprendizaje de una tarea.

La carga cognitiva *ajena* es causada por el procesamiento de elementos de información que no pertenecen al contenido esencial que debe ser adquirido en la MLP, pero que consumen recursos substanciales de la MT (Sweller, 2010). Por ejemplo, cuando un material de ciencias requiere que la persona divida la atención al presentar una figura del aparato respiratorio cuyas partes están señaladas con números, pero la explicación de cada número está en otra página, o cuando un video presenta simultáneamente la misma información en audio y en textos redundantemente. Estos materiales requieren más recursos de la MT disminuyendo su capacidad para procesar la información esencial que debe ser aprendida. Esta carga debe ser disminuida al máximo.

La carga cognitiva *intrínseca* es causada por la interactividad de los elementos de información esenciales que deben ser almacenados en la MLP. A más unidades de información interactivas, mayor será la carga cognitiva intrínseca. Esta carga debe ser gestionada para ajustarla a la capacidad espacio-temporal de la MT (Sweller, 2010). Si una tarea supera la capacidad de la MT, se la puede simplificar por ejemplo fragmentándola en segmentos de información más pequeños para presentarlos de manera secuencial según cómo se vayan adquiriendo en la MLP (Van Merriënboer, Kester, & Paas, 2006). Por ejemplo, si los estudiantes no saben el procedimiento para resolver ecuaciones lineales, lo más adecuado es comenzar con tareas simples como $x-4=5$, para luego incrementar la cantidad de elementos de información (e.g., $2(x-5)=-22-4(2-3x)/2$).

Existe otra carga cognitiva denominada *relevante* la cual fue concebida como los recursos de la MT que permiten la construcción y automatización de los esquemas en la MLP (Van Merriënboer et al., 2006). Al inicio los investigadores asumieron que esta carga se sumaba a las dos anteriores, pero luego se sugirió que es parte de la carga cognitiva intrínseca (Kalyuga, 2011; Paas, Van Gog, & Sweller, 2010; Sweller, 2010).

Debido a que los elementos de información son esquemas que deben ser aprendidos, todos los efectos encontrados en la TCC dependen de la cantidad de elementos interactivos. Si son almacenados en la MLP, la carga cognitiva disminuye. Así, una tarea puede aprenderse con facilidad cuando se caracteriza por tener pocos elementos interactivos ajenos y pocos elementos interactivos esenciales (vea Figura 4a). Sin embargo, si ambas categorías son altas para la capacidad de la MT, el estudiante se sentirá abrumado y su desempeño será significativamente más bajo (vea Figura 4d). Por esta razón, de acuerdo con la TCC, es necesario reducir al máximo los elementos ajenos cuando estos son altos (vea Figura 4b) y ajustar los elementos intrínsecos cuando son altos (vea Figura 4c) para que puedan ser procesados adecuadamente por la MT y, en consecuencia, almacenados en la MLP. Otra forma de reducir la interactividad de elementos es construir la información esencial nueva sobre esquemas relevantes previos y activados (Blayney, Kalyuga, & Sweller, 2015b; Chen et al., 2016a; Sweller et al., 2011).

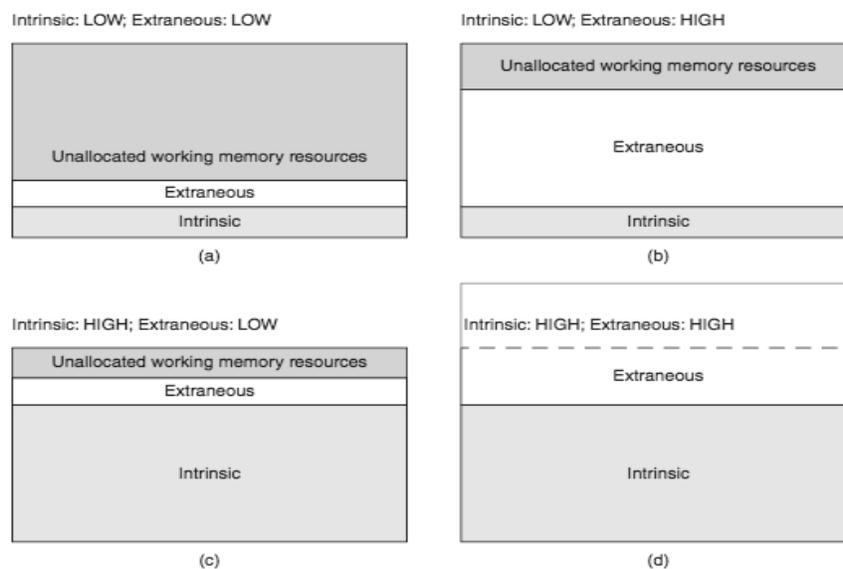


Figura 4. Relación aditiva de las cargas cognitivas intrínseca y ajena (Leppink, Van Gog, Paas, & Sweller, 2015, p. 218).

Cabe señalar que la TCC ha puesto énfasis en la cantidad de elementos simultáneos de información (i.e., interactividad) y su relación con los esquemas de conocimiento de la MLP. Sin embargo, un aspecto que parece haber sido pasado por alto en la teoría es que los distintos elementos de información no necesariamente se procesan de forma simultánea cuando se aprende o resuelve un problema. La MT procesa y mantiene los elementos de información de forma *secuencial*. Dentro de una secuencia (escala temporal) de actividades cognitivas se procesan elementos interactivos o simultáneos (Baddeley, 2007). Así, la secuencia de actividades (o sub-actividades) cognitivas dentro de la cual deben ser procesados elementos interactivos (interconectados y concurrentes) definen la aparición de los efectos de la carga cognitiva. Esto tiene implicaciones para el diseño instruccional, ya que el análisis de las demandas cognitivas de los pasos (secuencia) requeridos para resolver un problema podría ayudar a personalizar mejor la instrucción y la práctica deliberada.

Efectos de la carga cognitiva

La investigación ha puesto de manifiesto la existencia de algunos efectos para diferentes tópicos de aprendizaje. Estos efectos impactan positiva o negativamente el aprendizaje y su consistencia ha permitido establecer lineamientos generales para la instrucción. A continuación un resumen (vea una descripción más detallada en Sweller et al., 2011):

- *Efecto de objetivo abierto*. Este efecto fue el primero en ser investigado y ocurre cuando se reemplaza un problema convencional por un problema sin un objetivo específico (Sweller, 1988). Por ejemplo, en una tarea de geometría, en lugar de pedir calcular el ángulo ABC, se pide calcular el valor de los ángulos que sean posible. Esta técnica reduce la carga cognitiva al pedir al estudiante enfocarse en la situación del problema y en alguna operación mental relevante, en lugar de lograr el objetivo o solución del problema completo.
- *Efecto de los ejemplos resueltos*. Los ejemplos resueltos son explicaciones de cada uno de los pasos necesarios para resolver un problema. Cuando los estudiantes aprenden con ejemplos resueltos, logran un mejor desempeño que quienes aprenden con problemas convencionales, ya que estos ejemplos reducen la carga cognitiva ajena, permitiendo al sujeto focalizar sus

recursos cognitivos en la información esencial, evitando que el estudiante divague en procesos de ensayo y error o en el análisis de medios y fines irrelevantes (R. K. Atkinson, Derry, Renkl, & Wortham, 2000; Sweller & Cooper, 1985).

- *Efecto de completar problemas.* A diferencia de los ejemplos resueltos, los problemas incompletos proveen una solución parcial de un problema de aprendizaje para que el estudiante lo termine. Esta estrategia ayuda a estudiar los aspectos relevantes de los problemas complejos con mayor profundidad (Chen, Kalyuga, & Sweller, 2016b; Paas, 1992).
- *Efecto de la atención dividida.* Este efecto es perjudicial para el aprendizaje y se produce cuando dos o más recursos de información, que deben ser comprendidos de forma integrada, están separados, obligando así a que la persona divida su atención innecesariamente. La atención dividida puede ser espacial o temporal y se observa cuando las tareas o materiales tienen alto nivel de elementos interactivos (Ginns, 2006).
- *Efecto de modalidad.* A diferencia del efecto de atención dividida, el aprendizaje mejora cuando se presentan de forma conjunta dos fuentes de información que no pueden ser comprendidas aisladamente usando para ello los canales auditivo y visual. Por ejemplo, cuando se usa un recurso de forma hablada acompañada con imágenes relacionadas no redundantes. Cuando se usan los sistemas auditivo y visual simultáneamente se sugiere que la MT procesa más elementos de información (Mayer, 2009; Schnotz, 2014).
- *Efecto de redundancia.* Este efecto es parecido al de atención dividida porque ocurre cuando se usan simultáneamente dos fuentes de información. La diferencia radica en que estas fuentes pueden ser comprendidas por separado, pero son presentadas simultáneamente (Chandler & Sweller, 1991; Kalyuga, Chandler, & Sweller, 2004). La redundancia de información incrementa la carga cognitiva ajena deteriorando el aprendizaje.
- *Efecto de reversión de la experticia.* Ocurre cuando se instruye a los estudiantes avanzados con material que es adecuado para estudiantes principiantes. Los ejemplos resueltos son

efectivos para los principiantes, pero cuando se usan con estudiantes avanzados, el desempeño es igual o incluso inferior que el de los principiantes (Chen et al., 2016a; Kalyuga et al., 2003). Los estudiantes avanzados tienen elementos de información relevantes de la tarea de aprendizaje almacenados en su MLP, lo cual reduce substancialmente la carga cognitiva de la tarea. Si no puede evitarse el procesar la información redundante de la tarea, el desempeño de los estudiantes avanzados se deteriora debido a que tal información interfiere con los conocimientos ya adquiridos (Kalyuga, 2015).

- *Efecto de guía gradual.* Este efecto surge como resultado del anterior. Los ejemplos resueltos deben reemplazarse por problemas más complejos y sin menos guía explícita. Es decir, la instrucción debe ajustarse a la estructura de conocimientos adquiridos en la MLP. Al disminuir la guía instruccional para la solución de problemas e incrementar las demandas cognitivas con nuevos problemas en la medida en que se incrementa el nivel de experticia, los estudiantes tendrán suficientes recursos de MT para reducir la carga cognitiva que imponen los nuevos problemas (Kalyuga, 2006, 2013b; Kalyuga & Sweller, 2005).
- *Efecto de la información transitoria.* Es negativo para el aprendizaje y se manifiesta cuando se usan animaciones, videos o información hablada en formato electrónico para contenidos complejos. Por ejemplo, cuando se transforma la información de los textos en información hablada en la educación virtual. En estos materiales, la información es presentada por un momento y luego desaparece para presentar otra, sin permitir que el estudiante la comprenda antes de procesar la nueva información. Esto produce carga cognitiva ajena y disminuye el desempeño.
- *Efecto de imaginación y auto-explicación.* Este efecto favorece la construcción de esquemas en la MLP. Se produce cuando se pide a los estudiantes que imaginen o repasen mentalmente una información aprendida previamente. Es decir, este efecto se lo encuentra en los estudiantes avanzados (Clark, Nguyen, & Sweller, 2006; Cooper, Tindall-Ford, Chandler, & Sweller, 2001).

- *Efecto de interactividad de elementos.* La reducción de la carga cognitiva ajena no inhibe el aprendizaje si la carga cognitiva intrínseca es baja, ya que los recursos disponibles en la MT se pueden invertir en la demanda de la tarea. Sin embargo, si los elementos interactivos de información de la tarea son muchos, y existen cargas cognitivas ajenas, la tarea superará la capacidad cognitiva afectando negativamente el aprendizaje. Por esta razón, es necesario manipular los elementos interactivos a fin de prevenir el bajo desempeño. La manipulación de los elementos interactivos está relacionado con otros efectos tales como el de la atención dividida, la redundancia, la modalidad, la reversión de la experticia y la imaginación (Sweller et al., 2011).
- *Efecto de separación de elementos.* Cuando el contenido esencial de aprendizaje se caracteriza por tener gran cantidad de elementos interactivos de información, se lo debe fragmentar en piezas de información que puedan ser aprendidas secuencialmente, aumentando gradualmente la complejidad de las tareas (Blayney et al., 2010; Pollock, Chandler, & Sweller, 2002).
- *Efecto de la memoria colectiva de trabajo.* Cuando las tareas son altamente complejas, es más efectivo y eficiente aprenderlas en grupos. De acuerdo con la TCC, el trabajo en grupo permite, por una parte, disponer de una mayor capacidad cognitiva al “sumarse” las capacidades cognitivas individuales y, por otra parte, distribuir la información entre múltiples MT individuales; por ende, los grupos pueden lidiar mejor con tareas difíciles de ser aprendidas que los estudiantes individuales. Cuando el aprendizaje se produce en grupo, la información esencial puede ser fragmentada y distribuida entre los miembros del grupo para que sea procesada grupalmente. Ahora bien, los miembros de un grupo tienen que comunicarse y coordinar entre ellos (i.e., actividades transaccionales) lo cual produce una carga cognitiva adicional que no la tienen los individuos. Por esta razón, las tareas deben ser lo suficientemente complejas como para que invertir recursos cognitivos en las actividades transaccionales no redunde en un incremento innecesario de la carga cognitiva ajena. Si la tarea es simple, los estudiantes individuales resultan ser más eficientes y efectivos (F. Kirschner, Paas, & Kirschner, 2011; F. Kirschner, Paas, Kirschner, & Janssen, 2011). Se ha encontrado también que la efectividad de un grupo de aprendizaje aumenta cuando tiene

experiencia previa trabajando como equipo en tareas ya conocidas cuyas características son similares a las de los nuevos problemas (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b). Esta efectividad depende de cómo los miembros del grupo distribuyen la información y los conocimientos previos que tienen sobre los problemas nuevos.

Estos efectos aparecen cuando la cantidad e interacción de los elementos de información a ser aprendidos (en la MT) o ya aprendidos (en la MLP) son altos. Esto supone una relativa apertura de la arquitectura cognitiva humana para adquirir información a fin de resolver los problemas de su ambiente. Esto llevó a Sweller a buscar un nuevo marco teórico que explique por qué los humanos aprenden con dificultad los conocimientos escolares, mientras que existen otros conocimientos que se aprenden aparentemente sin esfuerzo cognitivo. La respuesta la encontró al vincular la teoría de la evolución con la arquitectura cognitiva humana y sugerir que los humanos evolucionaron para adquirir ciertos conocimientos de forma natural (Sweller, 2003). Esto dio lugar a que la TCC defina las categorías de conocimiento humano echando mano de la psicología educativa evolutiva actual.

Categorías del conocimiento humano

La TCC asume que los humanos están genéticamente predispuestos a adquirir conocimientos. Siguiendo los desarrollos recientes de la psicología educativa desde la perspectiva evolutiva (Geary, 2005, 2008a, 2012), la TCC clasifica el conocimiento humano en conocimientos biológicos primarios y secundarios. Los conocimientos biológicos *primarios* son aquellos que han sido necesarios para la supervivencia humana y que se adquieren naturalmente debido a la evolución durante incontables generaciones. Por ejemplo, aprender un idioma nativo o reconocer rostros y voces familiares. Según esta posición, una característica de estos dominios de conocimiento es que no requieren enseñanza explícita ni esfuerzo cognitivo para ser aprendidos. Se adquieren de forma automática, rápida y de forma no consciente, solo por el hecho de ser miembro de una sociedad, ya que las personas cuentan con mecanismos cerebrales especializados para adquirir y procesar información de forma eficiente (Kalyuga, 2015). Estos conocimientos se pueden organizar alrededor de los dominios de la psicología popular (e.g., la habilidad de distinguir entre rostros humanos o las habilidades sociales), de la biología popular (e.g., comprender a otras especies), y de la física popular (e.g., reconocimiento de objetos físicos)

(Geary, 2012). Las habilidades generales anteriormente mencionadas tales como el análisis de medios y fines, y los procesos de ensayo y error, así como la planificación son también consideradas como conocimientos biológicos primarios ya que se las puede adquirir sin haber recibido instrucción explícita sobre ellas (Sweller et al., 2011).

A diferencia de lo anterior, los conocimientos biológicos *secundarios* son aquellos que son el producto del desarrollo cultural y que se prescriben en el currículum de los establecimientos educativos. La base para la instrucción y la adquisición de estos contenidos son los conocimientos biológicos primarios (Paas & Sweller, 2012). Es decir, los profesores no enseñan cómo aprender conocimientos biológicos secundarios. Solo los enseñan de forma explícita según las demandas de la cultura educativa. Por esta razón, la TCC asume que hemos evolucionado para adquirir cualquier tipo de conocimiento, sean biológicos primarios o secundarios. Despejar a para la ecuación $a/b=c$ es un ejemplo de un conocimiento biológico secundario. Para resolver esta ecuación se requieren conocimientos biológicos primarios tales como el conteo, el enfoque visual y los mecanismos de control inhibitorio (Geary, 2008b). Pero, estos conocimientos por sí solos no son suficientes.

A diferencia de los conocimientos primarios, los conocimientos secundarios son difíciles de aprender, por lo cual requieren de enseñanza explícita, esfuerzo cognitivo y alta motivación (Geary, 2009). Los conocimientos de dominio universal o primarios no requieren ser enseñados porque pueden ser adquiridos intuitivamente por un estudiante típico. Pero, las tareas que son producto del desarrollo cultural y que forman parte del currículum educativo no pueden aprenderse sin una guía adecuada o sin procesos apropiados de instrucción (P. A. Kirschner, Sweller, & Clark, 2006). Consecuentemente, las implicaciones de TCC aplican mejor cuando se requiere aprender conocimientos biológicos secundarios debido a su complejidad (i.e., alto nivel de interactividad de elementos).

Una cuestión a considerar en esta categorización del conocimiento es la relación entre el contenido de lo que Geary llama conocimiento biológico primario y la influencia social temprana sobre los niños. Geary y Sweller sostienen que el conocimiento primario se aprende de forma no consciente y sin guía instruccional (Geary, 2012; Sweller, 2016a). Sin embargo, es necesario considerar que los padres y el entorno familiar y social en general *instruyen formal e*

informalmente a los niños durante la primera infancia usando los conocimientos culturales de su propio ambiente social (Schunk, 2016). Aunque persiste el debate sobre el grado de influencia de las familias en el aprendizaje y el desarrollo cognitivo, se está acumulando evidencia sobre el impacto de las familias en la niñez (Collins, Maccoby, Steinberg, Hetherington, & Bornstein, 2000), en particular cuando se consideran variables tales como el estatus socioeconómico, el ambiente familiar, el involucramiento parental y las tecnologías de la información (Schunk, 2016; Schunk, Meece, & Pintrich, 2014). Por esta razón, sería más adecuado asumir que el contenido del término conocimientos biológicos primarios implica la dinámica interrelación de factores biológicos, sociales y culturales, observables en la interacción del individuo con los demás y con los objetos de la cultura, según sus propias capacidades y predisposiciones biológicas (Gauvain & Perez, 2015); por lo que, la división entre conocimientos biológicos primarios y secundarios resultaría irrelevante, ya que ambas categorías dependen de esta interacción. Además, el abordaje del aprendizaje humano y sus productos (i.e., conocimientos) está mediado por múltiples factores que solo son observables limitadamente desde perspectivas teóricas fragmentadas (Alexander, Schallert, & Reynolds, 2009).

La Carga Cognitiva Colaborativa

Los principios de la arquitectura cognitiva sostenidos por la TCC presuponen, como se mencionó en el apartado anterior, que los individuos son sistemas naturales de procesamiento de información que están abiertos cognitivamente a la adquisición de información, que el conocimiento es producto de procesos inter-individuales (i.e., estudiante-profesor, estudiante-estudiante, estudiante-material instruccional) y que, en consecuencia, aprender colaborativamente es una vía promisorio para adquirir conocimientos biológicamente secundarios dado que los procesos comunicacionales son una de las competencias biológicas primarias sobre la cual se construye el conocimiento cultural (Tomasello, Kruger, & Ratner, 1993; Vygotsky, 1978). En este segundo apartado se abordarán las investigaciones sobre el aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la TCC. Al final se plantea la idea de investigación que guió esta Tesis Doctoral.

La preocupación de los investigadores por comprender la carga cognitiva que se produce durante los procesos de aprendizaje colaborativo y sus efectos en el aprendizaje individual es reciente.

Dillenbourg y Bétrancourt (2006), al parecer, fueron quienes propusieron las primeras cuestiones sobre la carga colaborativa en el aprendizaje colaborativo soportado por computadores (ACSP). Las cuestiones planteadas fueron: (1) ¿qué constituye la carga colaborativa?, (2) ¿cómo influyen los ambientes de ACSP en la carga colaborativa?, y (3) ¿cuáles son las implicaciones para los diseñadores del ACSP?. A pesar de no ofrecer evidencia empírica que responda a estas cuestiones, estos autores sugieren que la carga colaborativa está asociada con los beneficios de la división del trabajo entre los miembros de un grupo, los costos de verbalizar los pensamientos e ideas dentro del grupo, los costos de construir una comprensión mutua y los costos del modelamiento (i.e., que cada miembro construya una representación mental de las creencias, conocimientos y objetivos de sus compañeros de grupo) en los ambientes soportados en computadores.

La evidencia empírica desde la TCC sobre la efectividad (i.e., mejor desempeño) y eficiencia (i.e., combinación beneficiosa de desempeño y esfuerzo mental) del aprendizaje colaborativo en comparación con el aprendizaje individual aparece en la literatura educativa con los trabajos de Femke Kirschner y sus colaboradores (F. Kirschner et al., 2009a; F. Kirschner, Paas, & Kirschner, 2011; F. Kirschner, Paas, Kirschner, et al., 2011). A partir de la conceptualización de los grupos como sistemas de procesamiento de información (Curşeu, Schalk, & Wessel, 2008; Hinsz, Tindale, & Vollrath, 1997), Kirschner et al., sugirieron que la ventaja de los grupos colaborativos consiste en su mayor capacidad de MT en comparación a un estudiante individual, y que la información de las tareas de aprendizaje con alto nivel de interactividad de elementos puede distribuirse entre múltiples MT, lo cual disminuye sustancialmente la carga cognitiva de cada miembro del grupo. Sin embargo, los grupos tienen que realizar procesos inter-individuales como comunicarse y coordinar sus acciones alrededor de los elementos de información de la tarea a fin de resolverla. A estos procesos se les denominó costos de transacción. Este término fue acuñado primeramente en la psicología organizacional (Ciborra & Olson, 1988) para hacer referencia a los costos en que incurren los grupos de trabajo virtuales de una organización.

Los costos de transacción pueden producir carga cognitiva intrínseca o ajena, según si contribuyen o no a la construcción y automatización de esquemas de conocimiento de dominio específico en la MLP de cada miembro del grupo. Al parecer, esta idea está asociada con la provista anteriormente por Webb (1991), según la cual hay dos tipos de interacción verbal

relacionadas significativamente con el aprendizaje en grupos dirigidos por pares: (a) dar explicaciones elaboradas que estén relacionadas positivamente con el logro, y (b) recibir realimentación procesual de cómo llegar a la respuesta en lugar de recibir solamente la respuesta correcta.

En su revisión de la literatura, F. Kirschner et al. (2009a) encontraron que los resultados de los estudios del aprendizaje colaborativo no son conclusivos, identificando cuatro posibles razones de esto. Primero, en las investigaciones se mide primordialmente los procesos de aprendizaje en lugar de conducir mediciones directas sobre los resultados del aprendizaje. Segundo, los estudios raramente son experimentales. Tercero, los objetivos del trabajo grupal están definidos pobremente. Y cuarto, los resultados del aprendizaje colaborativo no son medidos en pruebas posteriores. Por estas razones, F. Kirschner et al. (2009a) sugieren que la investigación debe basar sus afirmaciones tanto en el desempeño grupal como en el individual, y que se debe considerar la arquitectura cognitiva humana a fin de comprender mejor los procesos cognitivos que tienen lugar durante la colaboración. Como se puede observar, las sugerencias de F. Kirschner et al. (2009a) ponen de relieve la necesidad de comprender las condiciones en las que el aprendizaje grupal es efectivo y eficiente, tanto en el proceso colaborativo como en sus consecuencias, poniendo atención en cómo los procesos cognitivos tradicionalmente atribuidos a un individuo tienen lugar y afectan el desempeño de un grupo.

F. Kirschner et al. investigaron sistemáticamente el aprendizaje colaborativo controlando los elementos interactivos que producen la carga cognitiva. Estas investigaciones dieron lugar al *Efecto de la Memoria Colectiva de Trabajo*. Como se señaló previamente, este efecto ocurre cuando los estudiantes individualmente logran niveles de aprendizaje más altos a través del trabajo colaborativo que cuando trabajan solos. La TCC se aplicó en el aprendizaje colaborativo de la siguiente manera:

When groups of collaborating learners are considered as information processing systems in which the information within the task and the associated intrinsic cognitive load can be divided across multiple collaborating working memories, it can be argued that because of a combination of the expanded processing capacity and the distribution advantage, the

more complex the task is, the more efficient it will become for individuals to cooperate with other individuals in a fashion that reduces this load (p. 36).

En otras palabras, los grupos como sistemas de procesamiento de información tienen una doble ventaja. Por una parte, tienen más capacidad cognitiva para procesar tareas con alto nivel de elementos interactivos gracias a la cooperación de las MT individuales, y por otra pueden distribuir el procesamiento de la información entre las múltiples memorias individuales reduciendo así la carga cognitiva intrínseca. Al reducir la carga cognitiva, se liberan recursos que pueden ser invertidos en la construcción y automatización de esquemas de conocimiento de mejor calidad en la memoria a largo plazo, en comparación con los aprendices individuales.

Sin embargo, los grupos tienen que invertir recursos cognitivos adicionales. F. Kirschner, Paas, and Kirschner (2009b) agregaron en su modelo los costos de transacción. Estos costos se refieren a los procesos de comunicación y coordinación interindividuales que emergen durante el aprendizaje colaborativo. Los aprendices individuales no tienen estos costos. Por esto, si los costos de transacción exceden la ventaja de dividir los elementos entre las memorias del grupo, el aprendizaje colaborativo resultaría ser inefectivo e ineficiente desde la perspectiva de la carga cognitiva. Para las tareas con alto nivel de complejidad (i.e., alto nivel de interactividad de elementos), se tendrá la ventaja de dividir los elementos entre más personas siempre que los costos de transacción se mantengan bajos. Para las tareas simples, los costos de transacción son mayores que la ventaja de distribuir la información entre las memorias de los individuos, lo cual genera carga cognitiva ajena. Esto produce bajo rendimiento porque solo un miembro podrá resolver y aprender la tarea. Así, si la tarea de aprendizaje tiene bajo nivel de interactividad de elementos, aprender individualmente puede ser más efectivo y eficiente.

F. Kirschner et al. (2009b) llevaron a cabo algunos experimentos para probar esta hipótesis. Investigaron el aprendizaje colaborativo dando a cada miembro una parte de la información esencial requerida para resolver tareas sobre la herencia biológica. Para esto conformaron triadas de estudiantes holandeses del cuarto año de colegio con una edad promedio de 15.4 años del curso de biología (F. Kirschner et al., 2009b). En la fase de aprendizaje colaborativo, cada miembro del grupo recibió una pieza de información equivalente a un tercio de la requerida para resolver los problemas grupalmente. Cada pieza era relevante, pero por sí misma insuficiente para

resolver el problema, de forma que cada pieza de información tenía que ser combinada con la información de los otros para poder resolver el problema. Por ejemplo, un participante recibió el color de ojos de la madre: azul; otro recibió el color de ojos del padre: café; y el otro recibió la información que el café es dominante sobre el azul. En esta fase no se permitió a los sujetos usar lápiz ni papel para resolver la tarea. De esta manera, los estudiantes tuvieron que procesar y mantener en su MT los elementos de información mientras resolvían los pasos intermedios para obtener la respuesta correcta. Al tener que escribir durante el proceso de aprendizaje, habrían descargado la carga cognitiva a través de representaciones mentales escritas (Van Bruggen, Kirschner, & Jochems, 2002).

La segunda fase consistió en la evaluación de los resultados del aprendizaje colaborativo, y consistió en dos partes. En la primera se midió la retención mediante tres tareas similares a las usadas en la fase de aprendizaje, y en la segunda se midió la transferencia del conocimiento a través de tres tareas estructuralmente diferentes cuyos tópicos fueron el árbol genealógico, los cromosomas X asociados a la herencia y los cruces di-híbridos. En esta fase los estudiantes recibieron la misma información y fueron evaluados individualmente para conocer el efecto del proceso colaborativo. Se permitió el uso de lápiz y papel para escribir todos los pasos dados en la solución de cada problema.

Las variables dependientes fueron el desempeño en términos de resolver las tareas correctamente, la carga cognitiva en términos del esfuerzo mental percibido en la tarea (Paas, 1992) y la eficiencia de la instrucción la cual combina las mediciones del desempeño y el esfuerzo mental percibido (Paas & Van Merriënboer, 1993). Con base en estas mediciones, F. Kirschner et al. (2009b) concluyeron que los costos de transacción fueron bajos lo cual permitió a los grupos procesar la información más profundamente dando lugar a mejores resultados en las tareas de transferencia. Los aprendices individuales fueron capaces solamente de procesar información de manera superficial dando lugar a un desempeño inferior en las tareas de retención.

Habiendo encontrado que los grupos colaborativos fueron mejores en tareas más complejas como las de transferencia, F. Kirschner, Paas, and Kirschner (2011) investigaron cómo afecta el nivel de complejidad (i.e., interactividad de elementos) a la efectividad de los procesos y resultados del aprendizaje individual y colaborativo. Con respecto a las tareas de alto nivel de complejidad, la

hipótesis fue que la ventaja de dividir el procesamiento de la información entre los miembros del grupo es más grande que la desventaja de invertir esfuerzo adicional relacionado con los costos de transacción. Consecuentemente, los procesos de aprendizaje deberían ser más eficientes para los participantes que aprendiesen en grupos, que para los participantes que aprendiesen individualmente porque los costos de transacción permiten construir mejores esquemas en la MLP. Con respecto a las tareas de bajo nivel de complejidad, se esperaba que los aprendices individuales tuviesen suficiente capacidad cognitiva para procesar la información. En el caso de los grupos, se asumió que la ventaja de dividir la información sería menor que la desventaja de tener que invertir recursos cognitivos en la comunicación y coordinación grupal. De esta manera, se esperaba que los procesos de aprendizaje fuesen más eficientes para los individuos que para los grupos dando lugar a que los individuos construyesen esquemas de mejor calidad que quienes aprendiesen colaborativamente.

F. Kirschner, Paas, and Kirschner (2011) probaron estas hipótesis usando un diseño y población similar al de F. Kirschner et al. (2009b). Pero, en lugar de fragmentar la información y distribuirla entre los miembros del grupo, entregaron toda la información necesaria para resolver la tarea a cada miembro. Además, se midió el tiempo invertido en la tarea. La complejidad de la tarea se estableció usando el método de Sweller and Chandler (1994). Las tareas de baja complejidad tuvieron tres elementos de información y las de alta complejidad nueve elementos, los cuales debían combinarse para resolver el problema de la herencia biológica. Se usaron 12 tareas de baja complejidad y seis de alta complejidad. Para determinar la calidad de los esquemas construidos en la fase aprendizaje, la fase de evaluación consistió en seis problemas nuevos de transferencia. Se usó la misma terminología, reglas y teoría de la herencia biológica, pero las tareas se diferenciaron en las familias y rasgos usados, el tipo de elementos de información, la estructura y las preguntas que debieron responder.

Se empleó un diseño factorial 2 (aprendizaje grupal vs. aprendizaje individual) x 2 (alto nivel de complejidad vs. bajo nivel de complejidad), obteniéndose una interacción significativa entre las dos variables independientes para la variable dependiente “esfuerzo mental”. Concretamente, en la prueba de retención el esfuerzo mental fue más bajo para los estudiantes que aprendieron individualmente que para los grupos cuando las tareas eran de baja complejidad. En las tareas de

alta complejidad se encontró lo contrario: quienes trabajaron en grupo percibieron menos esfuerzo mental que los estudiantes que trabajaron individualmente.

La misma interacción se encontró en la eficiencia (ver Figura 5), pero no en las puntuaciones de desempeño. De esta forma, cuando la tarea era de alta complejidad, la eficiencia fue mayor para quienes aprendieron en grupo, que para quienes lo hicieron individualmente; pero, cuando la tarea era de baja complejidad, los aprendices individuales fueron más eficientes que aquellos que aprendieron en grupo. F. Kirschner, Paas, and Kirschner (2011) concluyeron que en tareas de baja complejidad el aprendizaje individual fue más eficiente porque las personas invirtieron menos esfuerzo mental o recursos cognitivos de la memoria de trabajo que los grupos. Sin embargo, para las tareas con alto nivel de complejidad, los grupos fueron más eficientes que los individuos debido a que éstos invirtieron más esfuerzo mental. Como se puede observar, estos resultados son consistentes con los encontrados por F. Kirschner et al. (2009b).

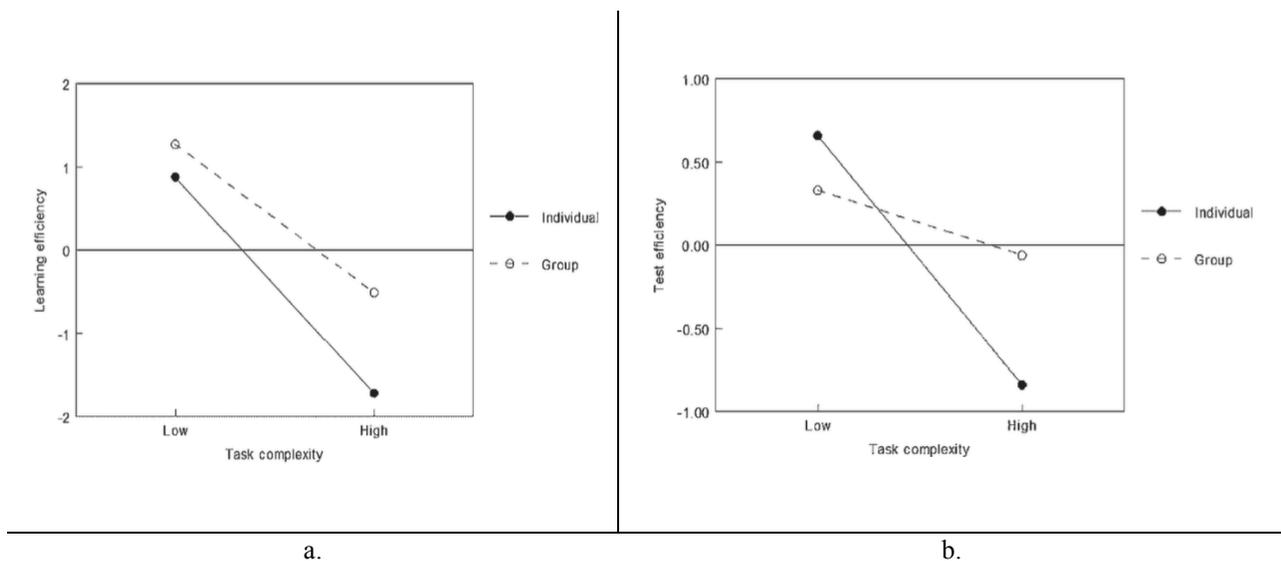


Figura 5. Eficiencia del aprendizaje individual y colaborativo en la fase de aprendizaje (a) y en la fase de evaluación (b). Tomado de F. Kirschner, Paas, and Kirschner (2011, pp. 220-221).

En otro experimento F. Kirschner, Paas, Kirschner, et al. (2011) compararon la efectividad del aprendizaje colaborativo e individual usando el mismo dominio específico de la herencia biológica y con similar población, pero con diferentes métodos instruccionales: pusieron énfasis en los ejemplos resueltos versus el énfasis en la resolución de problemas. La información de las tareas de aprendizaje fue distribuida igualitariamente entre los miembros de los grupos. Los

ejemplos resueltos tienen la ventaja de reducir la carga cognitiva ajena permitiendo invertir recursos en la construcción de mejores esquemas de conocimiento porque describen paso a paso cómo llegar a la solución correcta. En cambio, los problemas convencionales solo presentan una situación y una pregunta que debe ser respondida aplicando el proceso de resolución paso a paso. Si el estudiante es novato, los problemas convencionales producen carga cognitiva ajena porque inducen a la búsqueda de operaciones inefectivas. En la instrucción por solución de problemas usualmente no se presenta la respuesta correcta. Sin embargo, en el experimento los investigadores decidieron presentarla con el propósito de impedir que los estudiantes creyesen que habían llegado a la respuesta correcta sin haberla conseguido. La respuesta correcta además estimularía a los participantes a realizar esfuerzos para llevar cabo los pasos requeridos para encontrar la respuesta correcta y para darles iguales oportunidades de aprender cómo resolver la tarea en comparación con el grupo que recibió el ejemplo resuelto.

Siguiendo los resultados obtenidos en investigaciones previas, las hipótesis de este estudio anticiparon que los grupos se beneficiarán más que los individuos de la instrucción basada en la resolución de problemas, y que los individuos se beneficiarán más que los grupos de la instrucción basada en ejemplos resueltos debido las demandas diferenciadas de las condiciones instruccionales. En efecto, los resultados confirmaron las hipótesis en la fase de evaluación. Es decir, al aprender mediante ejemplos resueltos, los grupos a diferencia de los aprendices individuales, necesitaron invertir esfuerzo mental adicional en los procesos inter-individuales y la coordinación de la información causando carga cognitiva ajena que no resultó en construcciones de mejores esquemas; de hecho, los grupos aprendieron de forma menos eficiente que los aprendices individuales. A diferencia de esto, al aprender resolviendo problemas, los resultados apoyaron la idea de que la capacidad liberada en la memoria de trabajo de los grupos colaborativos, debido a la ventaja de poder distribuir la información relevante entre los diferentes miembros del grupo, fue dedicada a actividades que fomentaron el aprendizaje. La gran inversión de esfuerzo mental de los miembros de los grupos en la fase de aprendizaje resultó en altos niveles de desempeño, así como en una más favorable relación entre esfuerzo mental y desempeño en la fase de evaluación.

Por otra parte, Zhang, Ayres y Chan (2011) compararon un enfoque de aprendizaje colaborativo con un enfoque de aprendizaje individualizado en tareas complejas de diseño de páginas web.

Los resultados de las pruebas indicaron que, en línea con lo hallado por F. Kirschner et al., el enfoque colaborativo fue significativamente mejor que el enfoque individual cuando los estudiantes tuvieron que decidir sobre el contenido de la página web. Aún más, las mediciones de la carga cognitiva indicaron que los estudiantes que trabajaron colaborativamente experimentaron menos esfuerzo mental que aquellos que trabajaron individualmente.

En un reciente estudio, Zhang, Kalyuga, Lee y Lei (2016) compararon diferentes tipos de formación de grupos, es decir, grupos homogéneos versus grupos heterogéneos en términos de los niveles de conocimientos en computación. Las tareas fueron altamente complejas en el dominio de programación en computadores y se usó una plataforma para llevar a cabo las tareas colaborativas. Los resultados del experimento mostraron que el conocimiento previo influyó en la efectividad de las condiciones de aprendizaje colaborativo. Específicamente, los grupos colaborativos heterogéneos fueron más efectivos que los grupos colaborativos homogéneos cuando los aprendices tenían más bajo nivel de conocimiento previo. Mientras que, las condiciones de aprendizaje no produjeron diferencias entre los aprendices con más conocimiento previo. Estos resultados son consistentes con los encontrados por F. Kirschner et al.

Los reportes de carga cognitiva usando la escala de esfuerzo mental y las mediciones de altos niveles de eficiencia en las condiciones de aprendizaje colaborativo con miembros heterogéneos soportan la interacción entre el conocimiento previo y la complejidad de la tarea en términos de la teoría de la carga cognitiva.

Por último, en una investigación conducida por Zambrano R., Kirschner, and Kirschner (2018c) se encontró que los grupos colaborativos que habían tenido experiencia previa trabajando juntos eran más eficientes cuando la información era distribuida de forma no relacionada (i.e., que produce más actividades transaccionales), en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa. Mientras que cuando la información se presentó de manera relacionada, tanto los grupos con experiencia colaborativa previa como los grupos sin esta experiencia obtuvieron niveles similares de eficiencia. En otro estudio, Zambrano R., Kirschner, and Kirschner (2018d) compararon dos condiciones sociales de aprendizaje (grupos con experiencia previa versus individuos) con dos niveles de experticia (estudiantes con conocimientos previos de la tarea versus novatos). Los resultados evidenciaron que, después de una semana de aprender

colaborativamente, cuando los estudiantes eran novatos, los grupos eran más efectivos y eficientes que los individuos; mientras que, cuando los estudiantes eran avanzados, tanto grupos como individuos tuvieron igual nivel de efectividad y eficiencia. Asimismo, cuando los participantes aprendieron individualmente, los estudiantes avanzados fueron más eficientes y efectivos que los novatos; mientras que, cuando aprendían en grupos, los estudiantes avanzados eran más efectivos, pero igualmente eficientes que los estudiantes individuales.

No obstante los resultados anteriores, existen otros estudios sobre el aprendizaje colaborativo que también han considerado el enfoque de la TCC y en los que la evidencia no apoya las hipótesis derivadas de este enfoque. Por ejemplo, Retnowati, Ayres y Sweller (2010) encontraron que los grupos se beneficiaban mucho más de instrucciones basadas en ejemplos resueltos que de la instrucción basada en resolución de problemas. Estos resultados se volvieron a encontrar en un estudio reciente (Retnowati, Ayres, & Sweller, 2016). Estas piezas de investigación no proveen evidencia empírica en línea con los hallazgos de F. Kirschner et al.

Las investigaciones presentadas hasta el momento muestran lo fructífero que resulta estudiar el aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la TCC. Tener en cuenta los procesos cognitivos que tienen lugar durante el proceso de aprendizaje colaborativo es una promisoriosa línea de investigación para comprender mejor las condiciones en las que resulta efectivo el aprendizaje colaborativo en comparación con el aprendizaje individual. Sin embargo, estos estudios tienen la gran limitación de que no presentan datos del proceso de colaboración en sí. Aunque la investigación está revelando los efectos de manipular y controlar los elementos interactivos de una tarea de aprendizaje colaborativo, aún no se conoce el proceso colaborativo desde la perspectiva de la TCC (Janssen, Kirschner, Erkens, Kirschner, & Paas, 2010).

Con base en esta revisión de la teoría, de los estudios, y la limitación de las investigaciones, el presente trabajo de investigación pretende contribuir a la comprensión del proceso de colaboración considerando tres factores: (a) la condición social de aprendizaje (en grupo versus individual), (b) el nivel de conocimiento previo sobre la tarea (avanzados versus novatos), y (c) el nivel de experiencia colaborativa previa (con experiencia colaborativa previa versus sin experiencia colaborativa previa). De esta forma, esta investigación permite tener más conocimientos sobre la efectividad y eficiencia del aprendizaje colaborativo, en particular los

efectos encontrados en condiciones experimentales. Esta investigación constituye una continuación del estudio conducido recientemente por Zambrano R. et al. (2018b) y las teorizaciones hechas en P. A. Kirschner et al. (2018).

MÉTODO

Experimento 1

Problema investigado

En este primer estudio se evaluó, desde la perspectiva de la carga cognitiva, el efecto de la condición social de aprendizaje y el conocimiento previo de dominio específico sobre la efectividad (i.e., desempeño), el esfuerzo mental percibido y la eficiencia (i.e., combinación de desempeño y esfuerzo mental). La pregunta de investigación es: ¿Cómo la efectividad, el esfuerzo mental percibido y la eficiencia del proceso de aprendizaje se ven afectadas por la interacción entre la condición social de aprendizaje y el conocimiento previo de dominio específico?.

Hipótesis

Cuando los estudiantes no tienen conocimiento previo de la tarea de aprendizaje, los que trabajan en grupos con experiencia colaborativa previa tienen la ventaja de tener mayor capacidad de MT para manejar la carga cognitiva asociada a la tarea y a la transferencia de sus estructuras de conocimiento de trabajo compartido, por lo cual: obtienen mayor desempeño (H1), reportan más esfuerzo mental debido a la necesidad de transferir las estructuras compartidas previas (H2) y son más eficientes (H3) que los estudiantes que trabajan individualmente.

Ahora bien, cuando los estudiantes son avanzados (i.e., han adquirido esquemas relevantes sobre la tarea de aprendizaje), la mayor capacidad de MT y la experiencia colaborativa previa de los grupos resulta redundante causando carga cognitiva ajena, por lo cual quienes aprenden en grupo obtienen menor desempeño (H4), reportan mayor esfuerzo mental (H5) y son menos eficientes (H6), que los estudiantes que aprenden individualmente.

Definición de variables

Variables Independientes

- **Condición social de aprendizaje**

Definición constitutiva: Se refiere a las condiciones (intervenciones) en las que los estudiantes adquieren los conocimientos relevantes para resolver las tareas de aprendizaje.

Definición operacional: Esta variable se manipuló trabajándose con dos modalidades:

- ✓ **Aprendizaje en grupo con experiencia colaborativa previa**, en la que durante la fase de aprendizaje los participantes resolvieron en grupos de tres personas cada uno tareas sobre el punto de equilibrio, habiendo sido previamente entrenados en el trabajo colaborativo con tareas de ecuaciones de segundo grado (fase de formación de grupos).
- ✓ **Aprendizaje individual**, en la cual durante la fase de aprendizaje los participantes resolvieron individualmente las mismas tareas sobre el punto de equilibrio.

- **Conocimiento de dominio específico**

Definición constitutiva: Se refiere a los esquemas, representaciones mentales o estructuras de conocimientos almacenados en la MLP sobre cómo resolver las tareas de aprendizaje.

Definición operacional: Esta variable se manipuló trabajándose con dos niveles:

- ✓ **Estudiantes avanzados o con conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje**, quienes participaron en una sesión previa en la que adquirieron los conceptos relevantes y el procedimiento para resolver problemas de punto de equilibrio. Para asegurar que los estudiantes adquirieron conocimientos previos relevantes para la tarea de aprendizaje, los instructores se aseguraron que todos los estudiantes que fueron asignados a esta condición terminaron de realizar las tres tareas y corrigieron sus errores usando los ejemplos resueltos provistos para cada una de las tareas (vea *fase de entrenamiento de*

conocimientos previos en la sección Procedimiento). Cada estudiante recibió tres puntos, uno por cada tarea resuelta.

- ✓ **Estudiantes novatos o sin conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje**, quienes participaron en una sesión previa en la que recibieron una introducción sobre la adición de vectores geométricos, la cual no estuvo relacionada con la resolución de problemas de punto de equilibrio. Los estudiantes asignados a esta condición recibieron una clase de matemáticas cuyo tópico no estuvo relacionado con las tareas de aprendizaje. Por esta razón, a diferencia de la condición *con conocimientos previos de la tarea*, estos estudiantes no recibieron ninguna puntuación.

Variables Dependientes

- ***Desempeño (efectividad)***.

Definición constitutiva: Se refiere a la calificación obtenida por cada estudiante en cada tarea de aprendizaje, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención.

Definición operacional:

En la fase de aprendizaje: Puntuación total obtenida por cada uno de los participantes en las tres tareas sobre cálculo del punto de equilibrio empleadas en la fase de aprendizaje, la cual variaba entre cero (0) si la respuesta final dada en todas las tareas era incorrecta, y tres (3) si la respuesta final dada en todas las tareas era correcta.

En la fase de retención: Puntuación total obtenida por cada uno de los participantes en las tres tareas sobre el punto de equilibrio empleadas en la fase de retención, la cual variaba entre un mínimo de cero (0) si la respuesta dada a cada uno de los siete pasos de cada una de las tres tareas era incorrecta, y un máximo de 21 si la respuesta dada a cada uno de los siete pasos de cada una de las tres tareas era correcta.

- **Esfuerzo mental.**

Definición constitutiva: Se refiere la percepción que tienen los participantes sobre la cantidad de recursos cognitivos invertidos para suplir las demandas impuestas por las tareas (Paas, Tuovinen, Tabbers, & Van Gerven, 2003).

Definición operacional: Puntuación total obtenida en la Escala de Esfuerzo Mental de Paas y Van Merriënboer (1994), en la que, a mayor puntaje, mayor esfuerzo mental invertido.

- **Eficiencia.**

Definición constitutiva: Se refiere a la tasa resultante de combinar el desempeño y el esfuerzo mental percibido (Paas & Van Merriënboer, 1994).

Definición operacional: Valor obtenido de la siguiente fórmula:

$$E = \frac{R_{\text{Esfuerzo mental}} - P_{\text{Desempeño}}}{2^{1/2}}$$

Donde:

E = Eficiencia.

$R_{\text{Esfuerzo mental}}$ = Puntuación Z de esfuerzo mental percibido.

$P_{\text{Desempeño}}$ = Puntuación Z de desempeño.

De forma que un desempeño relativamente alto en combinación con un bajo esfuerzo mental da como resultado una alta tasa de eficiencia, y un desempeño relativamente bajo en combinación con un alto esfuerzo mental da como resultado una baja tasa de eficiencia.

Tipo y diseño de investigación

Este estudio fue de tipo experimental de campo, ya que en él se manipularon las dos variables independientes. Los sujetos se asignaron aleatoriamente a los grupos y los grupos se asignaron aleatoriamente a condiciones experimentales a fin de controlar las variables extrañas relevantes en el ambiente en el que naturalmente ocurría el fenómeno.

Se usó un diseño factorial entre grupo 2×2 . Se analizó el efecto de la condición social de aprendizaje (i.e., grupos con experiencia colaborativa previa vs. aprendizaje individual) y el

efecto del conocimiento de dominio específico (i.e., estudiantes avanzados vs. estudiantes novatos) como variables independientes, trabajándose con las cuatro condiciones experimentales resultantes de combinar factorialmente las modalidades de las dos variables independientes (ver Figura 6). Las variables dependientes fueron el desempeño, el esfuerzo mental percibido y la eficiencia. El estudio se llevó a cabo en cuatro fases: preparación, entrenamiento de conocimiento previo sobre la tarea, aprendizaje y prueba de retención que se describen en apartado Procedimiento.

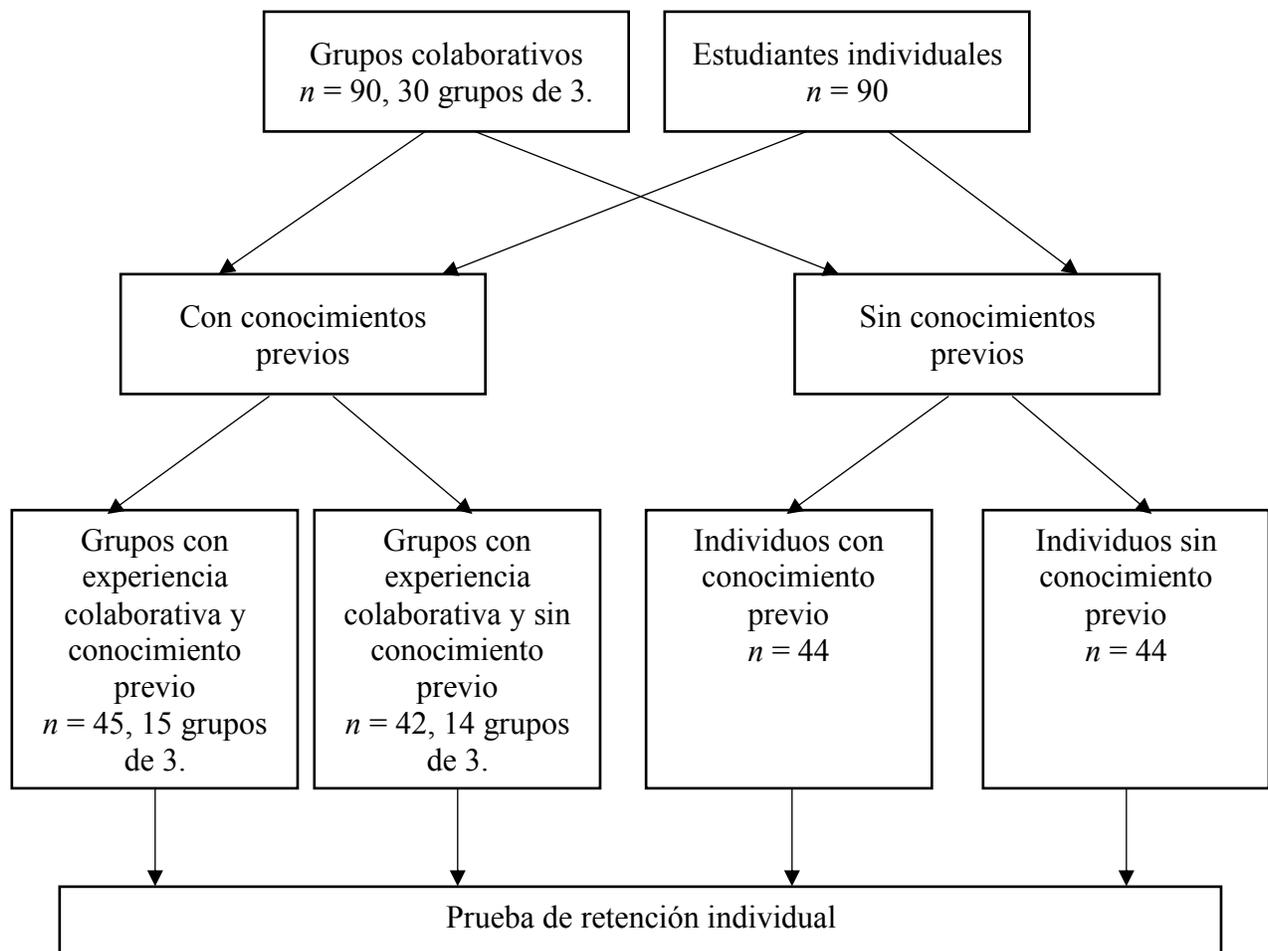


Figura 6. Diseño del experimento 1.

Diseño muestral

Los participantes de este estudio fueron estudiantes del área de matemáticas, 92 hombres (51.1%) y 88 mujeres (48.9%), del segundo año de bachillerato de Ecuador. La edad promedio fue 16.14 ($DE = .61$). En estudios previos se encontró que los resultados no significativos no mostraron alto nivel de efecto (Zambrano R. et al., 2018c, 2018d), según la clasificación de Cohen (1988), con 15 grupos por condición. Por lo cual, se trabajó con 180 participantes, distribuidos como se presenta en la Figura 6. Debido a la necesidad de contar con esta cantidad de estudiantes, los participantes fueron seleccionados de una escuela pública grande que residían cerca de la misma escuela.

Instrumentos de medición

Desempeño. Se midió mediante las calificaciones obtenidas en cada tarea. En la fase de aprendizaje se usaron tres tareas y se calificaron sobre tres puntos, uno por tarea. Se otorgó 1 punto si la respuesta final era correcta y 0 si era incorrecta. A diferencia de la fase de aprendizaje, en la fase de prueba de retención se calificó el proceso de solución de la tarea para evaluar la calidad de los esquemas adquiridos en la MLP. Se utilizaron tres tareas y se calificó sobre 21 puntos. Se dio 1 punto por cada uno de los siete pasos de cada tarea si se ejecutó correctamente. Si un paso era incorrecto se calificaba con 0 o con un proporcional si era parcialmente correcto (i.e., 0.25, 0.5 o 0.75).

Esfuerzo mental. Se evaluó subjetivamente a través de la escala de Paas y Van Merriënboer (Paas, 1992; Paas & Van Merriënboer, 1993). Esta escala tiene un solo ítem que pregunta: *¿cuánto esfuerzo mental invirtió en esta tarea?*. El ítem se presentó acompañado de una escala tipo Likert de nueve puntos, donde el 1 se interpreta como *muy, muy bajo esfuerzo mental* y el 9 con *muy, muy alto esfuerzo mental*. Los estudiantes respondieron inmediatamente después de cada tarea ya que de esta manera se evalúa mejor la real carga cognitiva percibida (i.e., del proceso) en lugar evaluar al finalizar la fase de tareas (Schmeck, Opfermann, Van Gog, Paas, & Leutner, 2014; Van Gog, Kirschner, Kester, & Paas, 2012). Esta escala ha mostrado ser altamente sensible a la complejidad de la tarea (Paas, Van Merriënboer, & Adam, 1994). Al igual que el

desempeño, el esfuerzo mental se midió tanto en la fase de aprendizaje y como en la fase de prueba de retención.

Eficiencia. Se midió usando el enfoque computacional empleando las puntuaciones z de cada uno de los participantes para el desempeño y el esfuerzo mental percibido (Paas & Van Merriënboer, 1994). Se restó la media general de cada puntaje y se dividió el resultado por la desviación estándar global, produciendo las puntuaciones z para el esfuerzo (R) y el rendimiento (P). Finalmente, se calculó el puntaje de eficiencia, E , para cada participante usando la fórmula:

$$E = \frac{R_{\text{Esfuerzo mental}} - P_{\text{Desempeño}}}{2^{1/2}}$$

Materiales y aparatos

Los materiales fueron sobre el dominio de matemáticas y economía. Todos los materiales se presentaron en formato impreso.

En la *fase de preparación*, se usaron materiales sobre problemas de ecuaciones de segundo grado. La solución de problemas de ecuaciones de segundo grado es obligatoria en el currículo nacional del primer año de bachillerato de matemáticas, de forma que los participantes trabajaron en esta fase con tareas ya conocidas. Todas las tareas fueron diseñadas con un enfoque guiado (Van Merriënboer, 1990): las primeras tareas eran ejemplos resueltos que incluían una guía sobre cómo resolverlas; en las tareas siguientes se redujo la guía y se incrementó el número de elementos de información a través de ejemplos resueltos parcialmente. Las tareas finales fueron problemas convencionales sin guía.

La primera sesión comenzó activando los conocimientos. Para ello se presentó una introducción general de las ecuaciones de segundo grado y dos ejemplos resueltos que mostraban cómo resolverlas usando el método de factorización. Los participantes que trabajaron en la condición de trabajo en grupo con experiencia colaborativa previa recibieron conocimientos sobre cómo resolver las tareas de forma colaborativa a través de reglas de trabajo conjunto seguidas de un ejemplo resuelto mostrando cómo cada miembro del grupo debía aplicarlas, y una tarea

convencional con la respuesta correcta para que los miembros aplicasen las reglas. Las respuestas correctas ayudaban a los estudiantes a corroborar si sus cálculos eran correctos. Las reglas de colaboración incluyeron: (1) Cada miembro recibirá dos términos de la ecuación. (2) Cuando sea posible hacer los cálculos sin ayuda de otros, hágalos solo; cuando los cálculos requieren que todos compartan sus informaciones, hágalo verbalmente. (3) No los escriba ni muestre su hoja; mantener los resultados necesarios en la mente, sin escribirlos, y repasarlos constantemente para no olvidarlos. (4) Para resolver una ecuación requerirá mucha información en su mente. Decidan quien tendrá en su mente un resultado. Es mejor que todos tengan un resultado para evitar olvidarlos o equivocarse en resolver la ecuación. (5) Realizar los cálculos mentales con cuidado y sin error. Si es necesario, hagan de nuevo el cálculo para comprobar que el resultado es correcto. En la condición grupal, cada miembro recibió dos valores de la ecuación y una tabla en la cual debían escribir los pasos intermedios.

Los participantes que trabajaron individualmente recibieron las mismas tareas y hojas de trabajo con la información dividida en tres partes para que comprendieran cómo se debían resolver la tarea grupalmente (vea Anexo A, Tablas A1 y A2).

En la segunda sesión, los estudiantes recibieron las reglas de trabajo colaborativo, dos problemas convencionales con las respuestas correctas, y un problema convencional sin la respuesta correcta. Los problemas convencionales tenían seis valores, dos por cada miembro en la condición grupal; los individuos recibieron todos los valores. En la tercera y cuarta sesión, tanto grupos como individuos recibieron tres problemas de ecuaciones de segundo grado, sin respuestas correctas, y con siete hasta nueve valores (e.g., $-10+5x^2-50-50+200x=1x-50x^2+50x+100x^2$).

En la *fase de entrenamiento de conocimientos previos* y las siguientes se emplearon materiales sobre el cálculo del punto de equilibrio. Este cálculo es un tipo de problema convergente o bien estructurado (P. A. Kirschner et al., 2018; Van Merriënboer, 2013), con características similares a las ecuaciones de segundo grado usadas en la fase de preparación, tales como: se requiere combinar muchos valores numéricos usando las operaciones básicas de matemáticas, calcular respuestas parciales para cada paso intermedio, mantenerlas en la MT y encontrar una sola respuesta correcta. Los materiales incluyeron una breve explicación de los conceptos relevantes

del punto de equilibrio, el proceso para calcularlo, y un ejemplo resuelto. Además, se incluyeron tres problemas convencionales y sus correspondientes procesos de solución. Estos problemas convencionales fueron similares a los que se usaron en la fase de aprendizaje (ver Anexo B, Tabla B1).

En la *fase de aprendizaje*, todos los participantes recibieron un folleto con los conceptos del punto de equilibrio, dos ejemplos resueltos, unas preguntas guía, tres tareas de aprendizaje, y una pieza de papel con ejemplos de los costos fijos y variables, así como la fórmula del punto de equilibrio en unidades. En el folleto se explicaba el punto de equilibrio y se mostraba los tipos de costos (i.e., costos fijos, costos variables, costo variable por unidad y costo total), la contribución, la utilidad y el punto de equilibrio tanto en unidades como en ventas. Los ejemplos resueltos tenían un procedimiento de siete pasos (ver Tabla 1). Las preguntas guía fueron respondidas en grupo para la condición de aprendizaje colaborativo, e individualmente para la condición de aprendizaje individual. Las preguntas fueron: (1) ¿qué es el punto de equilibrio?, (2) ¿cuáles son los 7 pasos para calcular el punto de equilibrio?, (3) ¿cuál es la diferencia entre el punto de equilibrio en unidades y el punto de equilibrio en ventas?, (4) ¿cuál es la diferencia entre el Costo Variable Total, y el Costo Variable por Unidad? ¿Cómo debe calcularlos?, (5) ¿cuál es la diferencia entre el Costo Variable por Unidad, y el Precio? (6) ¿cómo calcular la Contribución?, (7) ¿cuál es la fórmula del Punto de Equilibrio en Unidades y en Ventas?, (8) ¿cómo calcular el Punto de Equilibrio con y sin Utilidad?. Debajo de estas preguntas se incluía un espacio para que los participantes escribiesen las respuestas.

Tabla 1

Pasos para Calcular el Punto de Equilibrio (con Ejemplo)

<i>Pasos para resolver el problema</i>	<i>Ejemplo de los cálculos</i>	<i>Número de elementos interactivos</i>	<i>Resultados parciales a mantener en la MT</i>
1. Reconocer los valores	Nueve valores del problema 155, 63, 82, 50, 41, 108, 71, 119, 52	9	
2. Costo variable total	$CV_1 + CV_2 + CV_3 = CVT$ $155 + 63 + 82 = 300$	7	300
3. Costo variable por unidad	$CVT \div \text{cantidad producida} = CVU$ $300 \div 50 = 6$	5	300, 6
4. Contribución	$\text{Precio} - CVU = Cb$ $41 - 6 = 35$	5	6, 35
5. Costo fijo total	$CF_1 + CF_2 + CF_3 + \text{utilidad} = CFT$ $108 + 71 + 119 + 52 = 350$	9	35, 350
6. Punto de equilibrio en unidades	$CFT \div Cb = PEU$ $350 \div 35 = 10$	5	35, 350, 10
7. Punto de equilibrio en ventas	$PEU \times \text{precio} = PEV$ $10 \times 41 = 410$	5	10, 410

Nota. CV = costo variable; CF = costo fijo; CVT = costo variable total; CVU = costo variable por unidad; Cb = contribución; CFT = costo fijo total; PEU = punto de equilibrio en unidades; PEV = punto de equilibrio en ventas.

Los participantes en las condiciones de aprendizaje individual y grupal realizaron las mismas tareas. Las tres tareas eran análogas, es decir, solo cambiaban los valores de los costos. El nivel de elementos interactivos de cada tarea se determinó usando el método de Sweller and Chandler (1994), el cual consiste en contar el número de elementos que deben ser combinados para resolver la tarea. Como se observa en la Tabla 1, el procedimiento de siete pasos para resolver el problema incluía algunos valores que debían ser integrados secuencialmente para obtener una sola respuesta correcta: tres valores para los costos variables, tres para los costos fijos, el precio, la utilidad y la cantidad producida. Cada valor es relevante pero insuficiente para resolver el problema correctamente. Los grupos recibieron estos valores de forma que produzca alta intensidad colaborativa (Zambrano R. et al., 2018c) (ver Anexo B3). Los valores tenían que ser identificados y combinados usando las operaciones básicas de matemáticas. El número de elementos interactivos variaba en cada paso (ver columna 3 de la Tabla 1), sumando un total de 45, incluyendo los signos matemáticos. Adicionalmente, cada paso requería calcular una

respuesta que debía ser mantenida en la MT (ver columna 4 de la Tabla 1) e integrada con las respuestas de otros pasos. Se dieron nueve min para resolver cada problema. Con este método se asume que las tareas son altamente complejas. Para evitar confusión, durante el proceso de aprendizaje se permitió a los grupos y estudiantes individuales usar una pieza de papel con ejemplos de costos fijos y variables, y la fórmula del punto de equilibrio en unidades (ver paso 6 de Tabla 1).

En la fase de *prueba de retención*, se determinó la calidad de las estructuras de conocimientos adquiridos en la MLP por cada participante en la fase de aprendizaje a través de tres problemas del punto de equilibrio. Estos problemas fueron similares a los estudiados en la fase de aprendizaje en cuanto al número de valores (i.e., complejidad de la tarea). La diferencia estuvo en que cambiaba la situación de negocio y los nueve valores. Los participantes recibieron de forma individual hojas de trabajo con los tres problemas del punto de equilibrio. Cada problema incluía una tabla con seis filas enumeradas para que escribiesen los cálculos de cada uno de los siete pasos del proceso de solución del problema.

Procedimiento

El estudio fue conducido por los instructores de matemáticas y el experimentador. Ellos guiaron a los participantes a través de todas las fases del estudio. Los instructores fueron entrenados sobre el procedimiento de la investigación y supervisados por el experimentador para asegurar la fidelidad de las condiciones. Los instructores leyeron los lineamientos en voz alta. Las sesiones tuvieron una duración de 45 minutos, para lo cual se contó con un reloj digital en cada salón de clase para controlar el tiempo asignado para cada tarea del experimento.

Este estudio se llevó a cabo en cuatro fases. La fase de *preparación de los grupos colaborativos* consistió en formar y entrenar pequeños grupos compuestos de tres estudiantes para resolver ecuaciones de segundo grado colaborativamente (i.e., experiencia colaborativa previa). Esta fase tuvo una duración de cuatro sesiones, un día por sesión. Noventa participantes fueron asignados aleatoriamente a la condición de trabajo en grupo con experiencia colaborativa previa, y 90 participantes a la condición de aprendizaje individual. Todos los participantes trabajaron en las mismas tareas. Las primeras tareas no tuvieron restricciones de tiempo. Solamente las dos

últimas tareas de la segunda sesión en adelante debían ser resueltas en 10 min cada una. Para controlar el tiempo, todos los participantes registraron el tiempo invertido en cada tarea. Mientras resolvían las tareas, a los miembros de los grupos se les pidió interactuar y coordinar con sus demás compañeros de grupo a fin de compartir sus valores y mantener en su memoria los cálculos de los pasos intermedios para encontrar la respuesta correcta. Al final de cada sesión, los participantes recibieron la respuesta correcta y se les pidió a los grupos que conversaran cinco min sobre cómo podían trabajar mejor en grupo en las siguientes tareas. Un grupo de la condición de experiencia colaborativa previa y dos estudiantes de la condición individual fueron excluidos por no terminar toda la fase de preparación.

En la fase de *entrenamiento de conocimientos previos*, la mitad de los participantes del grupo de aprendizaje colaborativo (i.e., 45 estudiantes) y del grupo de aprendizaje individual (i.e., 44 estudiantes) fueron asignados aleatoriamente para recibir instrucción sobre cómo resolver problemas de puntos de equilibrio. La otra mitad de los participantes recibió una clase introductoria de derivadas de funciones reales. Este tópico no tiene relación con el punto de equilibrio. Esta fase se llevó a cabo en una sola sesión, después de la última sesión de la fase de preparación, dependiendo del horario de clases de los estudiantes. A los participantes asignados a la condición “con conocimiento previo” se les entregó un folleto sobre cómo resolver problemas de punto de equilibrio (i.e., los conceptos relevantes y un ejemplo resuelto) que debían estudiar en ocho min. Después, los estudiantes de forma individual resolvieron tres problemas convencionales usando lápiz y papel y el folleto previamente entregado. Se dio siete min para resolver cada problema. Después de resolver cada problema, recibieron el correspondiente ejemplo resuelto y se les solicitó que corrigieran los errores e hiciesen preguntas al instructor.

La fase de *aprendizaje* consistió en evaluar los efectos de la condición social y los conocimientos del dominio de punto de equilibrio tanto en grupos como en estudiantes individuales. Esta fase se realizó en una sesión, un día después de la fase de entrenamiento de conocimientos previos. Los participantes de los grupos con experiencia colaborativa previa permanecieron intactos. Esta fase se llevó a cabo con 175 participantes (Figura 6). Todos los participantes trabajaron en las mismas tareas de aprendizaje sobre el punto de equilibrio. Se dio 15 min para estudiar el folleto con los conceptos, el procedimiento y los ejemplos resueltos. Después, recibieron tres tareas que debían ser resueltas en nueve min cada una (total 42 min). Si un grupo o individuo resolvía un problema

antes del tiempo asignado, se le pedía que esperase en silencio hasta asignar el tiempo para el siguiente problema. A fin de evitar descargar la carga cognitiva (Van Bruggen et al., 2002), no se permitió la escritura de los cálculos de los pasos intermedios. El miembro 1 de cada grupo y los estudiantes individuales solamente podían escribir la respuesta final, el tiempo invertido y responder a la escala de esfuerzo mental. Los instructores se aseguraron de hacer cumplir esta regla.

Finalmente, la fase de *test de retención* consistió en evaluar los resultados de la fase de aprendizaje. Todos los participantes fueron evaluados de forma individual al siguiente día de la fase de aprendizaje. Recibieron tres problemas similares a los usados en la fase de aprendizaje, cambiando solamente la situación de negocio y los valores de los costos. Los estudiantes tuvieron 10 min por cada problema y podían escribir los cálculos de cada paso para encontrar la respuesta correcta. Después de cada problema debían registrar el tiempo usado y calificar el esfuerzo mental invertido.

Experimento 2

Problema investigado

En este segundo estudio se examinó, desde la perspectiva de la carga cognitiva, el efecto de la experiencia colaborativa previa y el conocimiento previo de dominio específico sobre la efectividad (i.e., desempeño), el esfuerzo mental percibido, y la eficiencia (i.e., combinación de desempeño y esfuerzo mental) del proceso de aprendizaje. La pregunta de investigación es: ¿Cómo la interacción de la experiencia colaborativa previa en tareas generalizables y el conocimiento de dominio específico afectan la efectividad, el esfuerzo mental percibido y la eficiencia del aprendizaje colaborativo?.

Hipótesis

Cuando los estudiantes no tienen conocimientos previos de la tarea de aprendizaje, los grupos con experiencia colaborativa previa tienen la ventaja de poder transferir sus estructuras de conocimiento de trabajo compartido, mientras que los grupos sin experiencia colaborativa previa no tienen esta ventaja, por lo cual los primeros obtienen mayor desempeño (H7), reportan mayor esfuerzo mental (H8) y son más eficientes (H9) que los grupos sin experiencia colaborativa previa.

Ahora bien, cuando los estudiantes son avanzados (i.e., tienen esquemas relevantes sobre la tarea de aprendizaje), la ventaja de poder transferir las estructuras de conocimiento de trabajo compartido es redundante para los grupos con experiencia colaborativa previa, en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa, por lo cual los primeros obtienen un menor desempeño (H10), reportan más esfuerzo mental (H11) y son menos eficientes (H12), que los grupos sin experiencia colaborativa previa.

Definición de variables

Variables Independientes

- ***Experiencia colaborativa previa.***

Definición constitutiva: Se refiere a si un grupo tiene o no experiencia previa trabajando en grupo con tareas de dominio específico generalizables a otras tareas similares o del mismo dominio de conocimiento (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b).

Definición operacional: Esta variable se manipuló trabajándose con dos niveles:

- ✓ **Grupos con experiencia colaborativa previa:** aquellos que, una semana antes, habían trabajado en grupos realizando tareas con características similares (i.e., de un dominio análogo) a las tareas de aprendizaje.
- ✓ **Grupos sin experiencia colaborativa previa:** Estos grupos estaban compuestos de estudiantes que, una semana antes, habían trabajado individualmente en tareas con características similares a las tareas de aprendizaje, y que luego, en la fase de aprendizaje, trabajaron en grupo.
- ✓ **Conocimiento de dominio específico,** definida conceptual y operacionalmente del mismo modo que en el experimento 1.

Variables Dependientes

En este segundo estudio se midieron las mismas *tres variables* del primer estudio, i.e., el desempeño, el esfuerzo mental percibido y la eficiencia, definidas conceptual y operacionalmente del mismo modo que en el experimento 1.

Tipo y diseño de investigación

Al igual que el experimento 1, este estudio fue de tipo experimental de campo. Se usó un diseño factorial entre grupo de 2 (grupos con experiencia colaborativa previa vs. grupos sin experiencia colaborativa previa) \times 2 (estudiantes avanzados vs. estudiantes novatos). Se analizó el efecto de la experiencia colaborativa previa y el efecto del conocimiento de dominio específico como variables independientes, trabajándose con las cuatro condiciones experimentales resultantes de combinar factorialmente las modalidades de las dos variables independientes (ver Figura 7). Las variables dependientes fueron el desempeño, el esfuerzo mental percibido y la eficiencia.

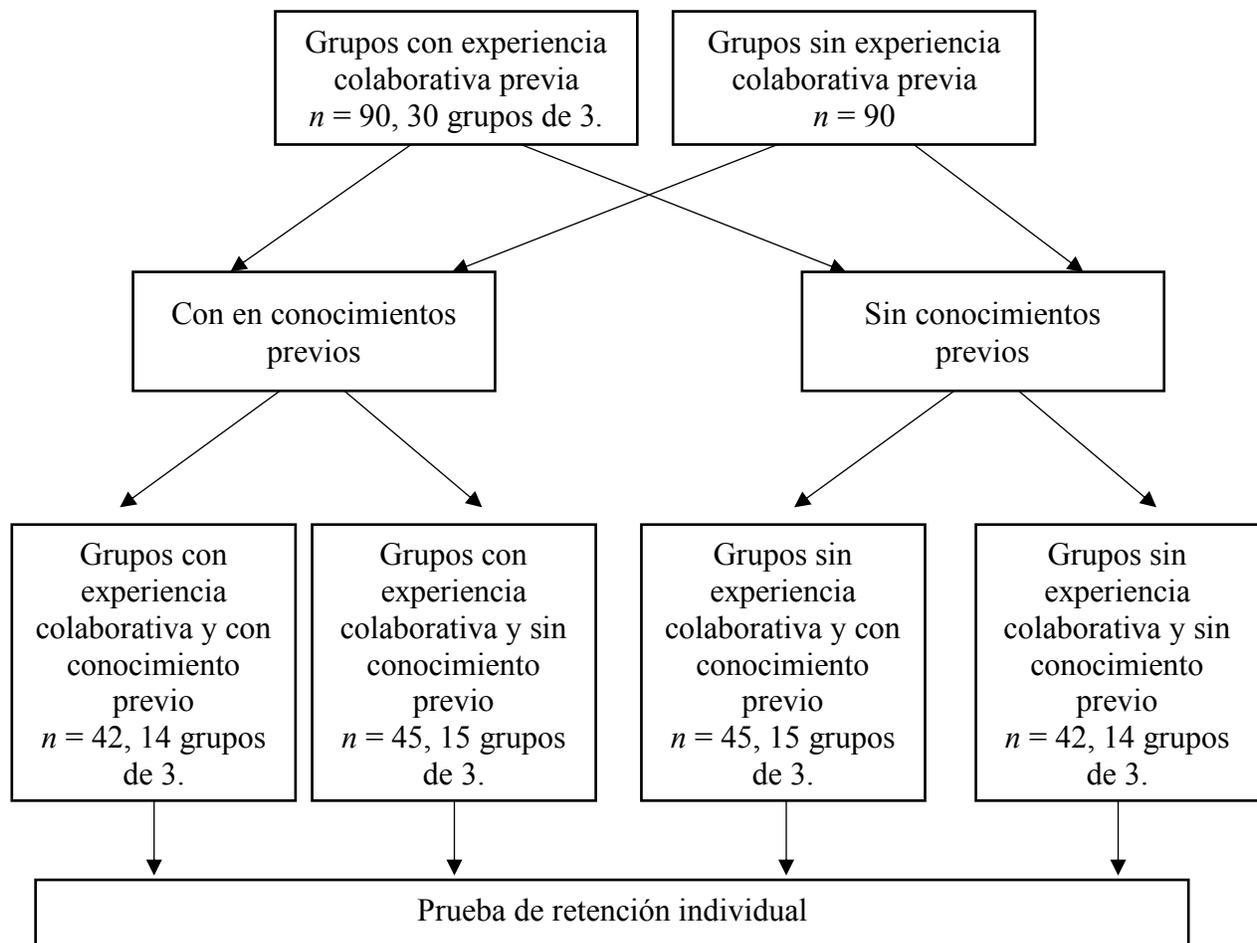


Figura 7. Diseño del experimento 2.

Diseño muestral

Al igual que el primer experimento, los participantes de este estudio fueron estudiantes, 94 (52.2%) hombres y 86 (47.8%) mujeres, del segundo año de bachillerato de Ecuador del área de matemáticas. Los estudiantes tuvieron una edad promedio de 16.19 ($DE = .573$) años. Se trabajó con 180 participantes, distribuidos en cada condición experimental como se muestra en la Figura 7. Debido a la necesidad de contar con esta cantidad de estudiantes, los participantes fueron seleccionados de una escuela pública grande.

Instrumentos de medición

Fases de Aprendizaje y Retención

Desempeño. Al igual que en el experimento 1, se midió mediante las calificaciones obtenidas en cada tarea. En la fase de aprendizaje se emplearon tres tareas y se calificó sobre tres puntos, uno por tarea. Se otorgó 1 punto si la respuesta final era correcta y 0 si era incorrecta. A diferencia de la fase de aprendizaje, en la fase de prueba de retención se calificó el proceso de solución de la tarea para evaluar la calidad de los esquemas adquiridos en la MLP. Se utilizaron tres tareas y se puntuaron sobre 21 puntos. Se dio 1 punto por cada uno de los siete pasos de cada una de cada tarea. Si un paso era incorrecto se calificaba con 0 o con un proporcional si era parcialmente correcto (i.e., 0.25, 0.5 o 0.75).

Esfuerzo mental. Se midió del mismo modo que en el experimento 1, empleándose la escala de Paas y Van Merriënboer (Paas, 1992; Paas & Van Merriënboer, 1993).

Eficiencia. Esta variable también se midió del mismo modo que en el experimento 1, calculándose el puntaje de eficiencia, E , para cada participante mediante la fórmula siguiente:

$$E = \frac{R_{\text{Esfuerzo mental}} - P_{\text{Desempeño}}}{2^{1/2}}$$

Materiales y aparatos

Como en el experimento 1, los materiales fueron sobre el dominio de matemáticas y economía. Todos los materiales se presentaron en formato impreso.

En la *fase de preparación*, se usaron los mismos materiales del experimento 1, es decir, problemas de ecuaciones de segundo grado. Todas las tareas fueron diseñadas con un enfoque guiado (Van Merriënboer, 1990). Al igual que en el experimento 1, la primera sesión dio inicio con la presentación de una introducción general sobre las ecuaciones de segundo grado y dos ejemplos resueltos que mostraban cómo resolverlas usando el método de factorización. Los participantes recibieron conocimientos sobre cómo resolver las tareas de forma colaborativa a través de reglas de trabajo conjunto seguidas de un ejemplo resuelto mostrando cómo cada miembro del grupo debía aplicarlas, y una tarea convencional con la respuesta correcta para que los miembros aplicasen las reglas. Las respuestas correctas ayudaban a los estudiantes a corroborar si sus cálculos eran correctos. Las reglas de colaboración incluyeron: (1) Cada miembro recibirá dos términos de la ecuación. (2) Cuando sea posible hacer los cálculos sin ayuda de otros, hágalos solo; cuando los cálculos requieren que todos compartan sus informaciones, hágalo verbalmente. (3) No los escriba ni muestre su hoja; mantener los resultados necesarios en la mente, sin escribirlos, y repasarlos constantemente para no olvidarlos. (4) Para resolver una ecuación requerirá mucha información en su mente. Decidan quien tendrá en su mente un resultado. Es mejor que todos tengan un resultado para evitar olvidarlos o equivocarse en resolver la ecuación. (5) Realizar los cálculos mentales con cuidado y sin error. Si es necesario hagan de nuevo el cálculo para comprobar que el resultado es correcto. En la condición grupal, cada miembro recibió dos valores de la ecuación y una tabla en la cual debían escribir los pasos intermedios. Los participantes que trabajaron individualmente recibieron las mismas tareas y hojas de trabajo con la información dividida en tres partes para que comprendieran cómo se debía resolver la tarea grupalmente (ver Anexo A, Tablas A1 y A2).

En la segunda sesión, los estudiantes recibieron las reglas de trabajo colaborativo, dos problemas convencionales con las respuestas correctas, y un problema convencional sin la respuesta correcta. Los problemas convencionales tenían seis valores, dos por cada miembro en la

condición grupal, y los individuos los recibieron sin separación. En la tercera y cuarta sesión, tanto grupos como individuos recibieron tres problemas de ecuaciones de segundo grado, sin respuestas correctas, y con siete hasta nueve valores (e.g., $-10+5x^2-50-50+200x=1x-50x^2+50x+100x^2$)

En la *fase de entrenamiento de conocimientos previos* y las siguientes se usaron materiales sobre el cálculo del punto de equilibrio. Este cálculo es un tipo de problema convergente o bien estructurado (P. A. Kirschner et al., 2018; Van Merriënboer, 2013), con similares características a las ecuaciones de segundo grado usados en la fase de preparación, tales como: se requiere combinar muchos valores numéricos usando las operaciones básicas de matemáticas, calcular respuestas parciales para cada paso intermedio, mantenerlas en la MT y encontrar una sola respuesta correcta. Los materiales incluyeron una breve explicación de los conceptos relevantes del punto de equilibrio, el proceso para calcularlo, y un ejemplo resuelto. Además, se incluyeron tres problemas convencionales y sus correspondientes procesos de solución. Estos problemas convencionales eran similares a los que se usaron en la fase de aprendizaje (ver Anexo B, Tabla B1).

En la *fase de aprendizaje*, a todos los participantes se les entregó un folleto con los conceptos del punto de equilibrio, dos ejemplos resueltos, unas preguntas guía, tres tareas de aprendizaje, y una pieza de papel con ejemplos de los costos fijos y variables, así como la fórmula del punto de equilibrio en unidades. En el folleto se explicaba el punto de equilibrio y se mostraban los tipos de costos (i.e., costos fijos, costos variables, costo variable por unidad y costo total), la contribución, la utilidad y el punto de equilibrio tanto en unidades como en ventas. Los ejemplos resueltos tenían un procedimiento de siete pasos (ver Tabla 1). Las preguntas guía debían ser respondidas en grupo; estas fueron: (1) ¿qué es el punto de equilibrio?, (2) ¿cuáles son los 7 pasos para calcular el punto de equilibrio?, (3) ¿cuál es la diferencia entre el punto de equilibrio en unidades y el punto de equilibrio en ventas?, (4) ¿cuál es la diferencia entre el Costo Variable Total, y el Costo Variable por Unidad? ¿Cómo debe calcularlos?, (5) ¿cuál es la diferencia entre el Costo Variable por Unidad, y el Precio? (6) ¿cómo calcular la Contribución?, (7) ¿cuál es la fórmula del Punto de Equilibrio en Unidades y en Ventas?, (8) ¿cómo calcular el Punto de Equilibrio con y sin Utilidad?. Debajo de estas preguntas se incluía un espacio para que los participantes escribieran las respuestas.

Finalmente, en la fase de *prueba de retención*, se determinó la calidad de las estructuras de conocimientos adquiridos en la MLT por cada participante en la fase de aprendizaje a través de tres problemas del punto de equilibrio. Estos problemas fueron similares a los estudiados en la fase de aprendizaje en cuanto al número de valores (i.e., complejidad de la tarea). La diferencia estuvo en que cambiaba la situación de negocio y los nueve valores. Los participantes recibieron de forma individual hojas de trabajo con los tres problemas del punto de equilibrio. Cada problema incluía una tabla con seis filas enumeradas para que escribiesen los cálculos de cada uno de los siete pasos del proceso de solución del problema.

Procedimiento

Al igual que el experimento 1, el experimento 2 fue conducido por los instructores de matemáticas y el experimentador. Ellos guiaron a los participantes a través de todas las fases del estudio. Los instructores recibieron un entrenamiento sobre el procedimiento de la investigación y fueron supervisados por el experimentador para asegurar la fidelidad de las condiciones. Los instructores leyeron los lineamientos en voz alta. Las sesiones duraron 45 minutos, para lo cual se contó con un reloj digital en cada salón de clase para controlar el tiempo asignado para cada tarea del experimento.

Este estudio tuvo lugar en cuatro fases. La fase de *preparación de los grupos con experiencia colaborativa previa* consistió en formar y entrenar pequeños grupos compuestos de tres estudiantes para resolver ecuaciones de segundo grado colaborativamente. Esta fase requirió cuatro sesiones, una diaria. Los noventa participantes se asignaron aleatoriamente a la condición de grupos con experiencia colaborativa previa y se dividieron en 30 grupos de aprendizaje colaborativo de tres personas cada uno. Todos los participantes trabajaron en las mismas tareas. Las primeras tareas no tenían restricciones de tiempo. Solamente las dos últimas tareas de la segunda sesión en adelante debían ser resueltas en 10 min cada una. Para controlar el tiempo, todos los participantes tenían que registrar el tiempo invertido en cada tarea. Mientras resolvían las tareas, a los miembros de los grupos se les pidió interactuar y coordinar con sus demás compañeros de grupo a fin de compartir sus valores y mantener en su memoria los cálculos de los pasos intermedios para encontrar la respuesta correcta. Al final de cada sesión, los participantes

recibían la respuesta correcta y se les pedía a los grupos que conversaran cinco min sobre cómo podían trabajar mejor en grupo en las siguientes tareas. Al final de esta fase se excluyó a un grupo de la condición de experiencia colaborativa previa porque no completó todas las tareas.

En la fase de *entrenamiento de conocimientos previos*, la mitad de los participantes de los grupos de aprendizaje colaborativo con y sin experiencia colaborativa previa fueron asignados aleatoriamente para recibir instrucción sobre cómo resolver problemas de puntos de equilibrio. La otra mitad de los participantes recibió una clase introductoria de derivadas de funciones reales. Este tópico no tiene ninguna relación con las tareas de aprendizaje del punto de equilibrio. Esta fase se llevó a cabo en una sola sesión, después de la última sesión de la fase de preparación. Los participantes asignados a la condición “con conocimientos previos” recibieron un folleto sobre cómo resolver problemas de punto de equilibrio (i.e., los conceptos relevantes y un ejemplo resuelto) que debían estudiarlo durante ocho min. Después, los estudiantes de forma individual resolvieron tres problemas convencionales usando lápiz y papel y el folleto previamente entregado. Se dieron siete min para resolver cada problema. Después de resolver cada problema, los sujetos recibieron el correspondiente ejemplo resuelto y se les pidió que corrigiesen los errores e hiciesen preguntas al instructor.

La fase de *aprendizaje* consistió en evaluar los efectos de la experiencia colaborativa previa y los conocimientos del dominio de punto de equilibrio. Al igual que en el experimento 1, esta fase tomó una sesión que se realizó un día después de la fase de entrenamiento de conocimientos previos. Los participantes de los grupos con experiencia colaborativa previa permanecieron intactos (grupos con experiencia colaborativa), mientras que los estudiantes que no recibieron entrenamiento previo en trabajo en grupo (i.e., grupos sin experiencia colaborativa) fueron agrupados en equipos de tres personas. Todos los participantes trabajaron en las mismas tareas de aprendizaje sobre el punto de equilibrio. Luego se dieron 15 min para estudiar el folleto con los conceptos, el procedimiento y los ejemplos resueltos. Después, recibieron tres tareas que debían ser resueltas en nueve min cada una (total 42 min). Si un grupo resolvía un problema antes del tiempo asignado, se le pedía que esperase en silencio hasta asignar el tiempo para el siguiente problema. A fin de evitar descargar la carga cognitiva (Van Bruggen et al., 2002), no se permitió la escritura de los cálculos de pasos intermedios. El miembro 1 de cada grupo era el autorizado para escribir la respuesta final, el tiempo invertido y responder a la escala de esfuerzo mental de

nueve puntos. Los instructores se aseguraron de hacer cumplir esta regla. En esta fase se excluyó un grupo sin experiencia colaborativa previa y que no había recibido conocimientos previos debido a inasistencia de dos estudiantes. Se trabajó con un total de 174 estudiantes (Figura 7).

Por último, la fase de *test de retención* consistió en evaluar los resultados de la fase de aprendizaje. Todos los participantes fueron evaluados de forma individual al siguiente día de la fase de aprendizaje. Recibieron tres problemas similares a los usados en la fase de aprendizaje, cambiando solamente la situación de negocio y los valores de los costos. Los estudiantes tuvieron 10 min por cada problema y podían escribir los cálculos de cada paso para encontrar la respuesta correcta. Después de cada problema debían registrar el tiempo usado y calificar el esfuerzo mental invertido.

RESULTADOS

Los datos obtenidos para cada una de las variables dependientes en cada uno de los dos experimentos se analizaron empleándose el Análisis de Varianza Factorial o ANOVA de dos vías. Este análisis se usa en diseños experimentales en los cuales cada nivel de cada factor se empareja con cada nivel del otro factor (Ho, 2014). Con este análisis se evaluaron los efectos de cada una de las variables independientes por separado (i.e., condición social de aprendizaje y conocimiento de dominio específico, en el experimento 1; y experiencia colaborativa previa y conocimiento de dominio específico, en el experimento 2) sobre cada una de las tres variables dependientes (i.e., desempeño, percepción de esfuerzo mental y eficiencia). Se calculó la eta cuadrada parcial (η_p^2) para determinar el tamaño de asociación o magnitud del efecto del tratamiento mediante el estándar de Cohen (1988) que indica que .01, corresponde a un pequeño efecto, .06 a mediano, y .14 a un efecto grande.

Además, con este análisis se determinó si existían interacciones entre las variables independientes; es decir, si el efecto que una variable independiente tenía sobre una variable dependiente cambiaba en función de los valores que adoptaba la otra variable independiente. Cuando se hallaron interacciones estadísticamente significativas, se aplicaron pruebas post-hoc de corrección de Bonferroni para determinar la naturaleza o dirección de la interacción. Debido a que las hipótesis fueron de interacción, la prueba de Bonferroni también se aplicó a las interacciones no significativas y que tuvieron al menos un efecto pequeño para conocer por qué no es significativa (Brown, 2008). Estos análisis fueron realizados con el software SPSS versión 25 para computadores Apple.

Previo a la realización de los ANOVA antes indicados se verificó el cumplimiento de los supuestos de este tipo de análisis estadístico. Concretamente:

1. Supuesto de normalidad, según el cual los valores de las variables dependientes se ajustan a una distribución gaussiana en cada uno de los grupos establecidos en función de los valores de la variable independiente. El cumplimiento de este supuesto se evaluó usando distintos indicadores obtenidos en el análisis exploratorio de datos: (a) asimetría; (b) curtosis; (c)

asimetría entre el error estándar; (d) curtosis entre el error estándar; (e) estadístico Shapiro-Wilk, recomendado cuando el tamaño de los grupos es igual o menor a 50 sujetos (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002); (f) gráfico Q-Q sin tendencia; y (g) gráfico Q-Q con tendencia. No obstante, respecto a este supuesto es importante señalar que “es el más flexible de todos y su incumplimiento tiene poca incidencia sobre el test F ” (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002, p. 46).

2. Supuesto de homocedasticidad, es decir las varianzas intra-grupo deben ser homogéneas. Este supuesto se contrastó mediante el cálculo del estadístico de Levene, que es el más robusto frente a la violación del supuesto de normalidad (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002). En relación con este supuesto señalar que la presencia de varianzas heterogéneas tiene un efecto mínimo sobre el contraste de F cuando los tamaños muestrales son iguales en los distintos grupos (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva Rodríguez, 1992).
3. Independencia de los errores, es decir que los errores no correlacionan entre sí. Este supuesto se contrastó mediante el estadístico Durbin-Watson.

Experimento 1

Fase de Aprendizaje

Desempeño (efectividad)

Cumplimiento de los supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que solo en una de las condiciones experimentales (i.e., sin conocimiento previo-individual), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas presentó una asimetría mayor a 0.50, lo cual es un indicador de que dicha distribución no se ajusta a la normal, presentando una asimetría positiva indicativa de que los datos se agruparon hacia los valores bajos de la variable (Tabla 2 y Figura 8). Por otra parte, para todas las condiciones se obtuvo un curtosis superior a ± 0.50 , indicando que las distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. Específicamente, en las condiciones: con conocimiento previo, individual y grupal, y sin conocimiento previo-grupal, las

distribuciones fueron platicúrticas; mientras que, en la condición sin conocimiento previo-individual, la distribución presentó un gran apuntalamiento, siendo leptocúrtica (Tabla 2 y Figura 8). Adicionalmente, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar se obtuvieron valores superiores a 1.96 (Kim, 2013) en la gran mayoría de los casos, indicando un incumplimiento del supuesto de normalidad.

Tabla 2

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Desempeño en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, individual	-.079	.361	-0.22	-1.317	.709	-1.86	.840	43	.000
Con conocimiento previo, grupal	-.255	.354	-0.72	-1.588	.695	-2.28	.799	45	.000
Sin conocimiento previo, individual	1.628	.357	4.56	1.649	.702	2.35	.599	44	.000
Sin conocimiento previo, grupal	.112	.361	0.31	-1.449	.709	-2.04	.824	43	.000

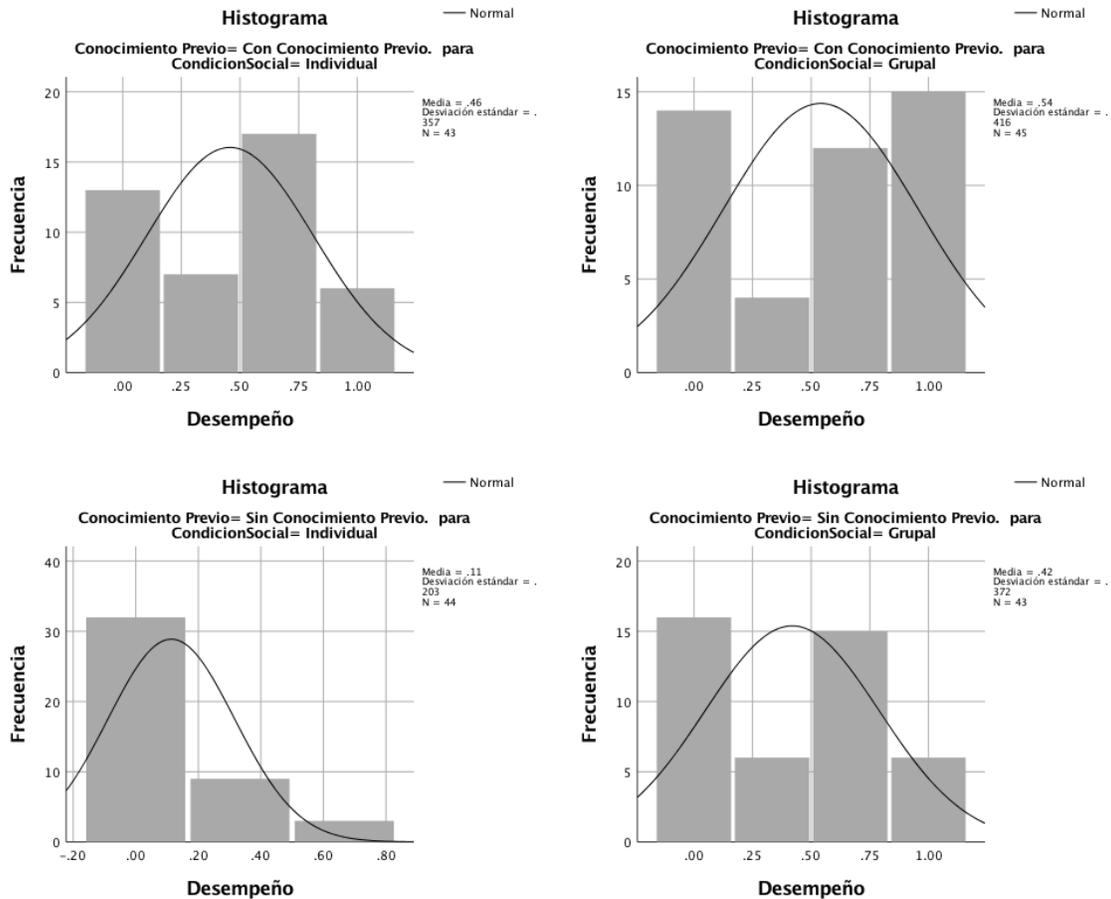


Figura 8. Histogramas con curva normal de la variable desempeño en la fase de aprendizaje. Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que en ninguna de las condiciones experimentales las distribuciones de los datos satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 2). Indicaciones del incumplimiento del supuesto de normalidad también las aportan los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 9), cuya observación revela desviaciones de la normal en tres de las condiciones experimentales: sin conocimiento previo, individual y grupal, y con conocimiento previo-grupal.

Ahora bien, tal y como se señaló previamente, el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales tiene poca incidencia sobre la prueba F (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002).

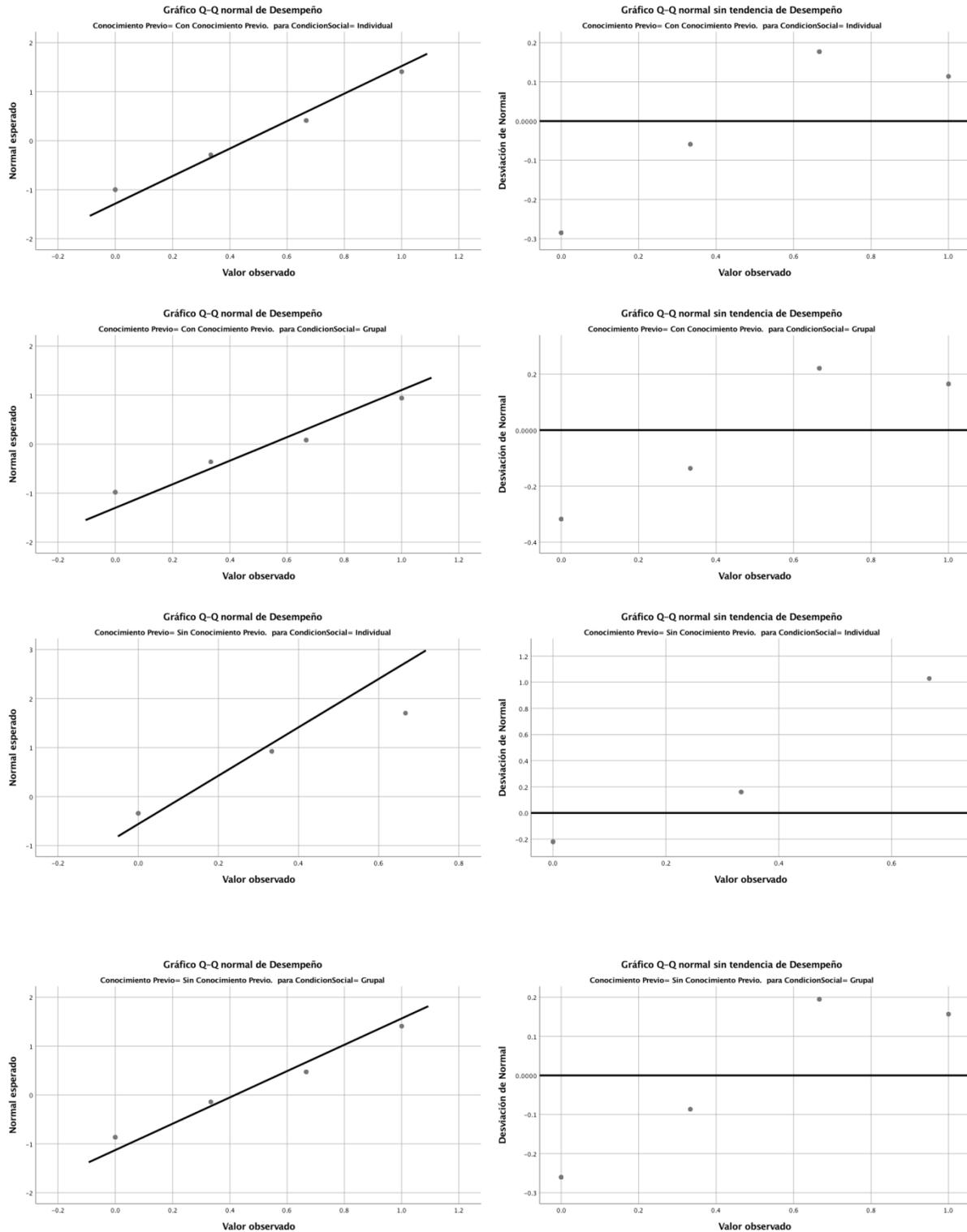


Figura 9. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error no fueron homogéneas en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 85) = 35.003, p = 000$; pero, si se cumplió el supuesto en la condición con conocimiento previo, $F(1, 86) = 2.542, p = .115$. No obstante, el incumplimiento de este supuesto en el caso de una de las condiciones no incide en el contraste de F pues la cantidad de participantes en cada una de las condiciones es prácticamente igual (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva Rodríguez, 1992).

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, se usó el estadístico Durbin-Watson (1951) con dos variables independientes. Este dio como resultado 1.58 el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

Se encontró que el efecto principal condición social de aprendizaje fue significativo, $F(1, 171) = 13.74, p = .000$, explicando el 7.4% de la variabilidad observada en la variable dependiente, $\eta_p^2 = .074$. Este efecto fue mediano y puso de manifiesto que aquellos que aprendieron en grupos ($M = .48, DE = .40$) tuvieron un desempeño significativamente superior que los estudiantes que aprendieron individualmente ($M = .28, DE = .34$) con una diferencia de medias de .194.

El efecto principal del conocimiento previo de dominio específico también resultó significativo, $F(1, 171) = 19.772, p = .000$, explicando el 10.4% de la varianza, $\eta_p^2 = .104$ equivalente a un efecto mediano. Este resultado indicó que los estudiantes con conocimientos previos ($M = .50, DE = .39$) superaron a los estudiantes sin conocimientos previos ($M = .26, DE = .33$), con una diferencia de medias de .233.

También se encontró que la interacción entre la condición social y el conocimiento previo fue significativa, $F(1, 171) = 4.474, p = .036$. Esta interacción dio cuenta del 2.5% de la varianza observada en la variable dependiente, $\eta_p^2 = .025$, que equivale a un tamaño de efecto pequeño. Para conocer la naturaleza de esta interacción, se comparó las medias mediante la prueba posterior de Bonferroni, la cual mostró que, tal y como se planteó en la primera hipótesis, cuando los estudiantes no tienen conocimientos previos de la tarea de aprendizaje, los grupos ($M = .42, DE = .37$) superan en desempeño a los individuos ($M = .11, DE = .20$), con una diferencia de

medias de .305, $F(1, 171) = 16.854$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .090$. Sin embargo, y a diferencia de lo esperado en la cuarta hipótesis, cuando los estudiantes tienen conocimientos previos, no existe diferencia significativa entre grupos ($M = .54$, $DE = .42$) e individuos ($M = .46$, $DE = .36$), cuya diferencia de medias es .083, $F(1, 171) = 1.274$, $p = .261$, $\eta_p^2 = .007$ (ver Figura 10).

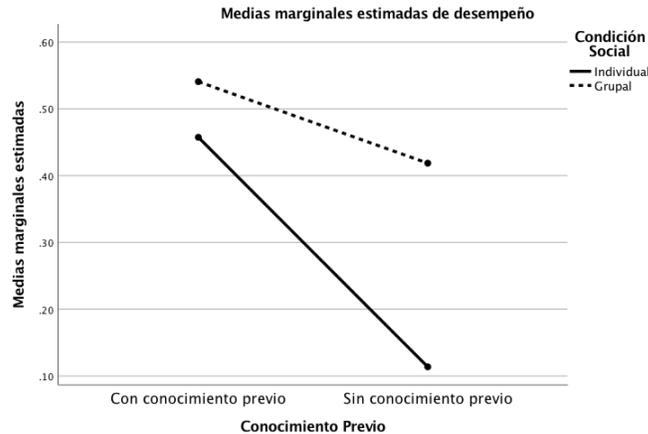


Figura 10. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable desempeño en la fase de aprendizaje.

Esfuerzo mental percibido

Cumplimiento de supuestos

Sobre el supuesto de *normalidad*, se encontró que solo en una de las condiciones experimentales (i.e., sin conocimiento previo-individual), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas presentó una asimetría mayor a ± 0.50 , lo cual es un indicador que dicha distribución no se ajusta a la normal, presentando una asimetría negativa que indica que los datos se agruparon hacia los valores altos de la variable (Tabla 3 y Figura 11). Por otra parte, las condiciones con conocimiento previo-grupal y sin conocimiento previo-grupal obtuvieron una curtosis superior a ± 0.50 , indicando que las distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. En estas dos condiciones, las distribuciones fueron platicúrticas, mientras que en las otras dos resultaron mesocúrticas (Tabla 3 y Figura 11). Adicionalmente, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar, solamente la condición sin conocimiento previo-individual obtuvo un valor superior a 1.96 (Kim, 2013), indicando un cumplimiento del supuesto de normalidad en las restantes tres condiciones.

Tabla 3

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Esfuerzo Mental en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, individual	-.262	.361	-0.73	-.306	.709	-0.43	.975	43	.479
Con conocimiento previo, grupal	-.009	.354	-0.03	-.940	.695	-1.35	.947	45	.039
Sin conocimiento previo, individual	-.860	.357	-2.41	.017	.702	0.02	.909	44	.002
Sin conocimiento previo, grupal	-.270	.361	-0.75	-1.023	.709	-1.44	.933	43	.015

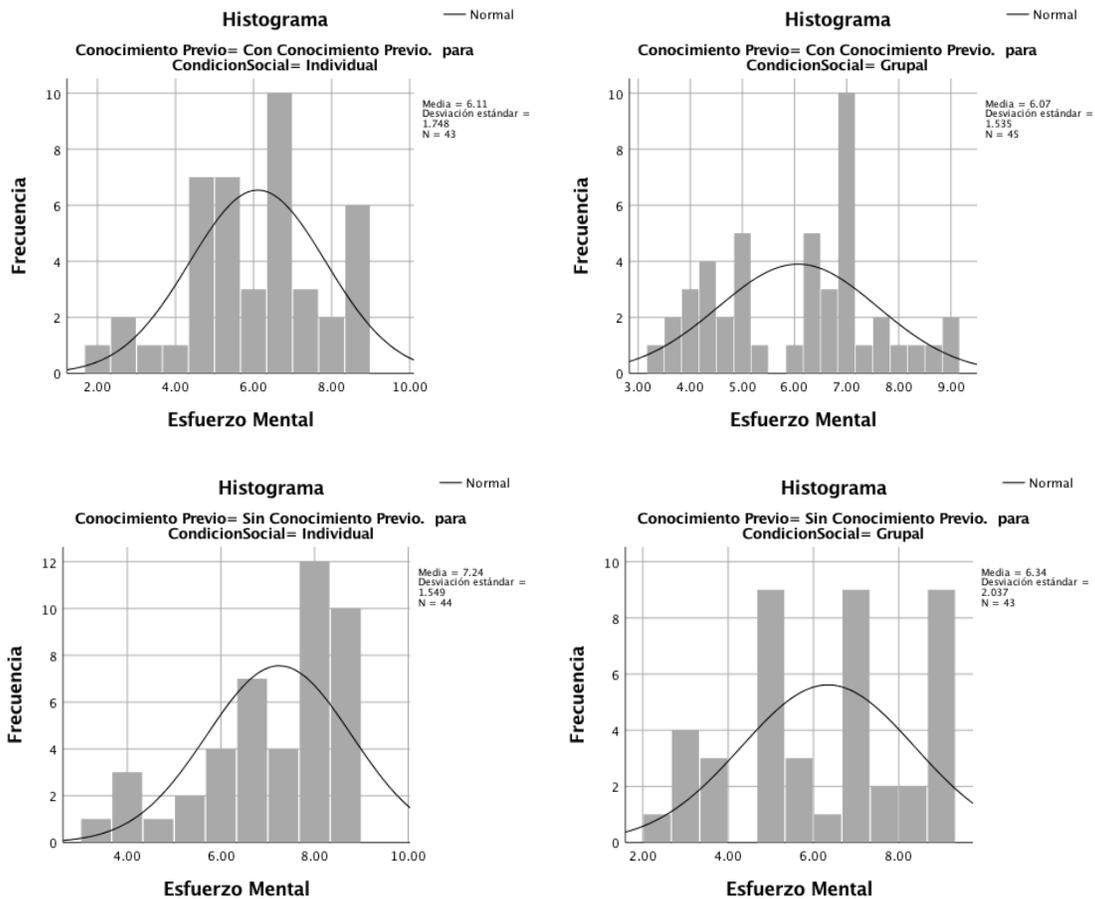
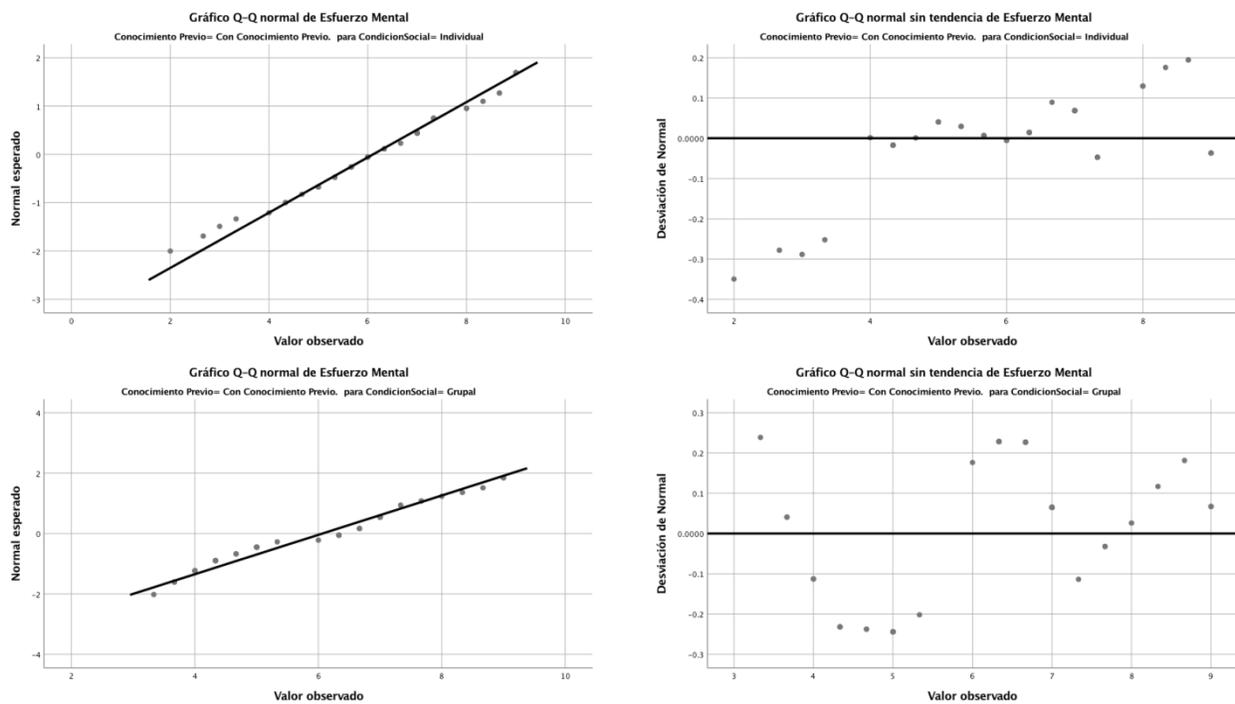


Figura 11. Histogramas con curva normal de la variable esfuerzo mental en la fase de aprendizaje.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que solamente la condición experimental con conocimiento previo-individual satisface el supuesto de normalidad (Tabla 3). Indicaciones del incumplimiento del supuesto de normalidad también las aportan los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 12), cuya observación revela desviaciones de la normal en las cuatro condiciones experimentales.

Es importante tener en cuenta, como se señaló previamente (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002), que el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales tiene poca incidencia sobre la prueba F .



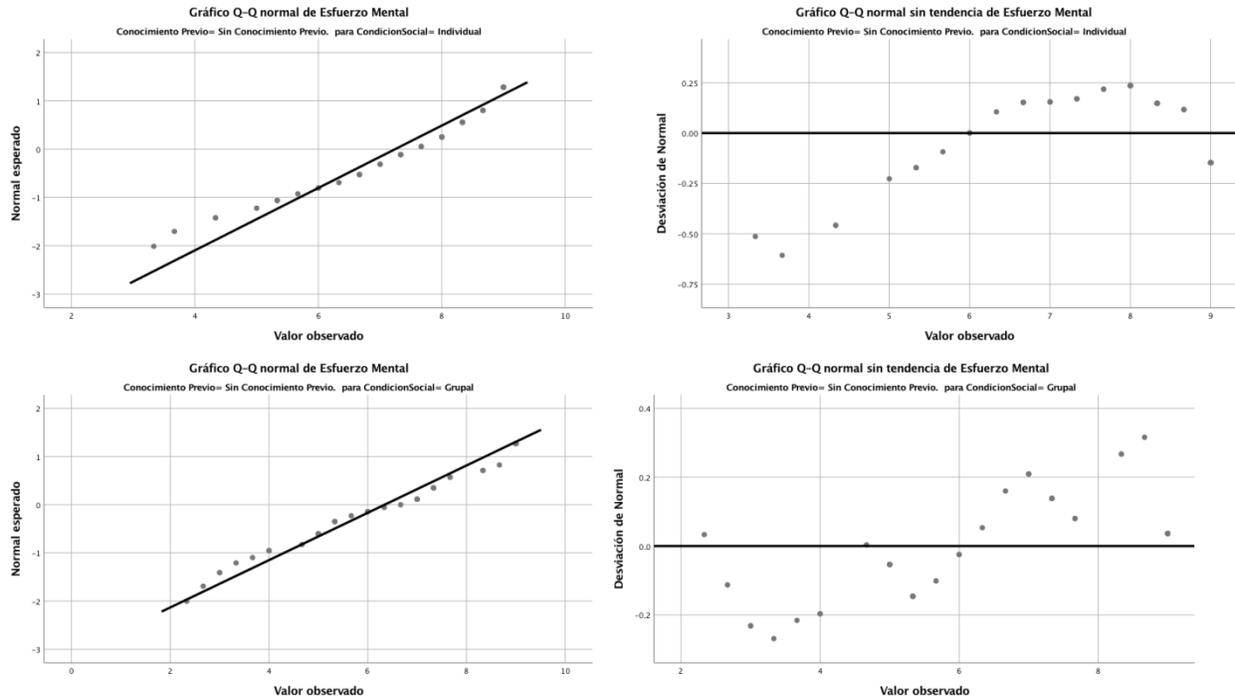


Figura 12. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que la varianza de error fue homogénea en la condición con conocimiento previo, $F(1, 86) = .183, p = .67$. Sin embargo, para los grupos sin conocimiento previo se encontró que se viola este supuesto, $F(1, 85) = 5.879, p = .017$. No obstante, el incumplimiento de este supuesto en el caso de una de las condiciones no incide en el contraste de F pues la cantidad de participantes en cada una de las condiciones es prácticamente igual (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva Rodríguez, 1992).

Por último, para el supuesto de *independencia de los errores*, se usó el estadístico Durbin-Watson con dos variables independientes, obteniéndose un valor de 1.79, el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), lo que permite concluir que se cumplió este supuesto.

Resultados

Concerniente al esfuerzo mental, se encontró que el efecto principal de la condición social no fue significativo, $F(1, 171) = 3.264, p = .073, \eta_p^2 = .019$ (Grupos: $M = 6.20, DE = 1.79$. Individual: $M = 6.68, DE = 1.74$). Sin embargo, el efecto principal de conocimiento previo sí resultó

estadísticamente significativo, $F(1, 171) = 7.277, p = .008$, y de pequeña magnitud, explicando el 4.1% de la varianza, $\eta_p^2 = .041$. Este efecto principal mostró que los estudiantes con conocimientos previos ($M = 6.09, DE = 1.63$) percibieron menos esfuerzo mental que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = 6.80, DE = 1.85$) y la diferencia de medias fue $-.704$.

La interacción entre la condición social y el conocimiento previo no fue significativa, $F(1, 171) = 2.710, p = .102, \eta_p^2 = .016$. No obstante, y con la finalidad de profundizar en el contraste de las hipótesis 2 y 5 se examinaron las comparaciones de esta interacción. El ajuste de Bonferroni evidenció que, en contra de lo esperado en la hipótesis 2, cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, los grupos mostraron un esfuerzo mental significativamente menor que quienes aprendieron individualmente (Grupos: $M = 6.34; DE = 2.04$. Individual: $M = 7.24; DE = 1.55$. Diferencia de medias = $-.901, F(1, 171) = 5.929, p = .016, \eta_p^2 = .034$). Cuando los estudiantes eran avanzados, y diferente a lo planteado en la hipótesis 5, el esfuerzo mental percibido no varió significativamente en función de la condición social de aprendizaje (Grupos: $M = 6.07; DE = 1.54$. Individual: $M = 6.11; DE = 1.75$. Diferencia de medias = $-.042, F(1, 171) = .013, p = .91, \eta_p^2 = .000$ (ver Figura 13).

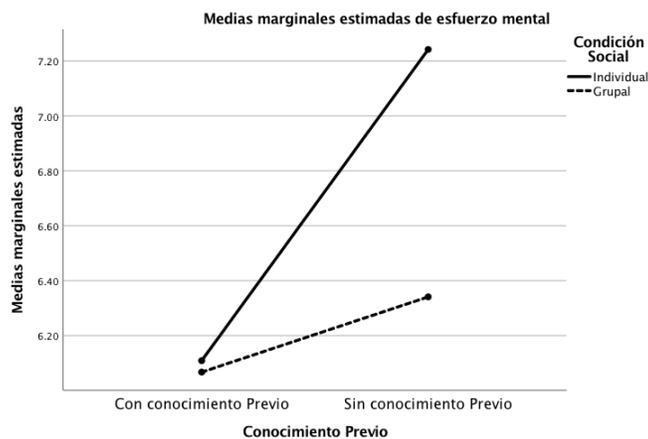


Figura 13. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable esfuerzo mental en la fase de aprendizaje.

Eficiencia

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que solamente en una de las condiciones experimentales (i.e., sin conocimiento previo-grupal), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones *z* absolutas presentó una asimetría sustancialmente mayor a 0.50, lo cual es un indicador de que dicha distribución no se ajusta a la normal, presentando una asimetría positiva indicativa de que los datos se agruparon hacia los valores bajos de la variable (Tabla 4 y Figura 14). Asimismo, para las condiciones con conocimiento previo-grupal, y sin conocimiento previo, grupal e individual se obtuvieron valores de curtosis superiores a ± 0.50 , indicando que sus distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. Concretamente, la condición con conocimiento previo-grupal tuvo una distribución leptocúrtica; mientras que las restantes condiciones presentaron una distribución platicúrtica (Tabla 4 y Figura 14). Adicionalmente, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar ninguna de las condiciones superaron el valor de 1.96 (Kim, 2013) lo cual sugiere el cumplimiento de normalidad.

Tabla 4

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Eficiencia en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	<i>z</i>	Estad.	DE	<i>z</i>	Estad.	<i>gl</i>	<i>p</i>
Con conocimiento previo, individual	-.184	.361	-0.51	-.203	.709	-0.28	.957	43	.112
Con conocimiento previo, grupal	.274	.354	0.77	-.594	.695	-0.85	.959	45	.112
Sin conocimiento previo, individual	.303	.357	0.84	-.976	.702	-1.39	.935	44	.015
Sin conocimiento previo, grupal	.548	.361	1.52	.861	.709	1.21	.945	43	.038

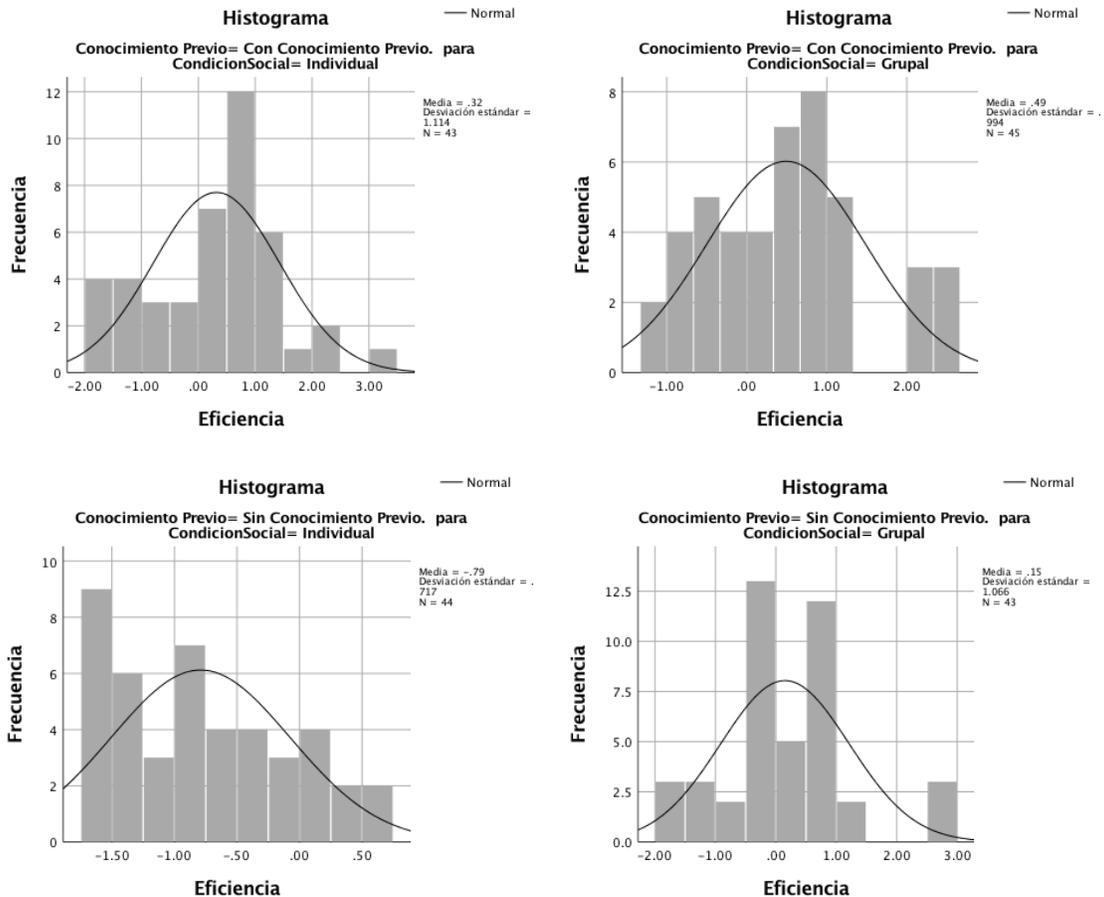


Figura 14. Histogramas con curva normal de la variable eficiencia en la fase de aprendizaje.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que solamente las condiciones experimentales con conocimiento previo-individual y grupal satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 4). Por otra parte, los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 15), revelan desviaciones de la normal en las condiciones con conocimiento previo-individual, y sin conocimiento previo-individual y grupal. No obstante, hay que tener en cuenta que, según Balluerka Lasa and Vergara Iraeta (2002), la prueba F no se ve afectada por el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales arriba señaladas.

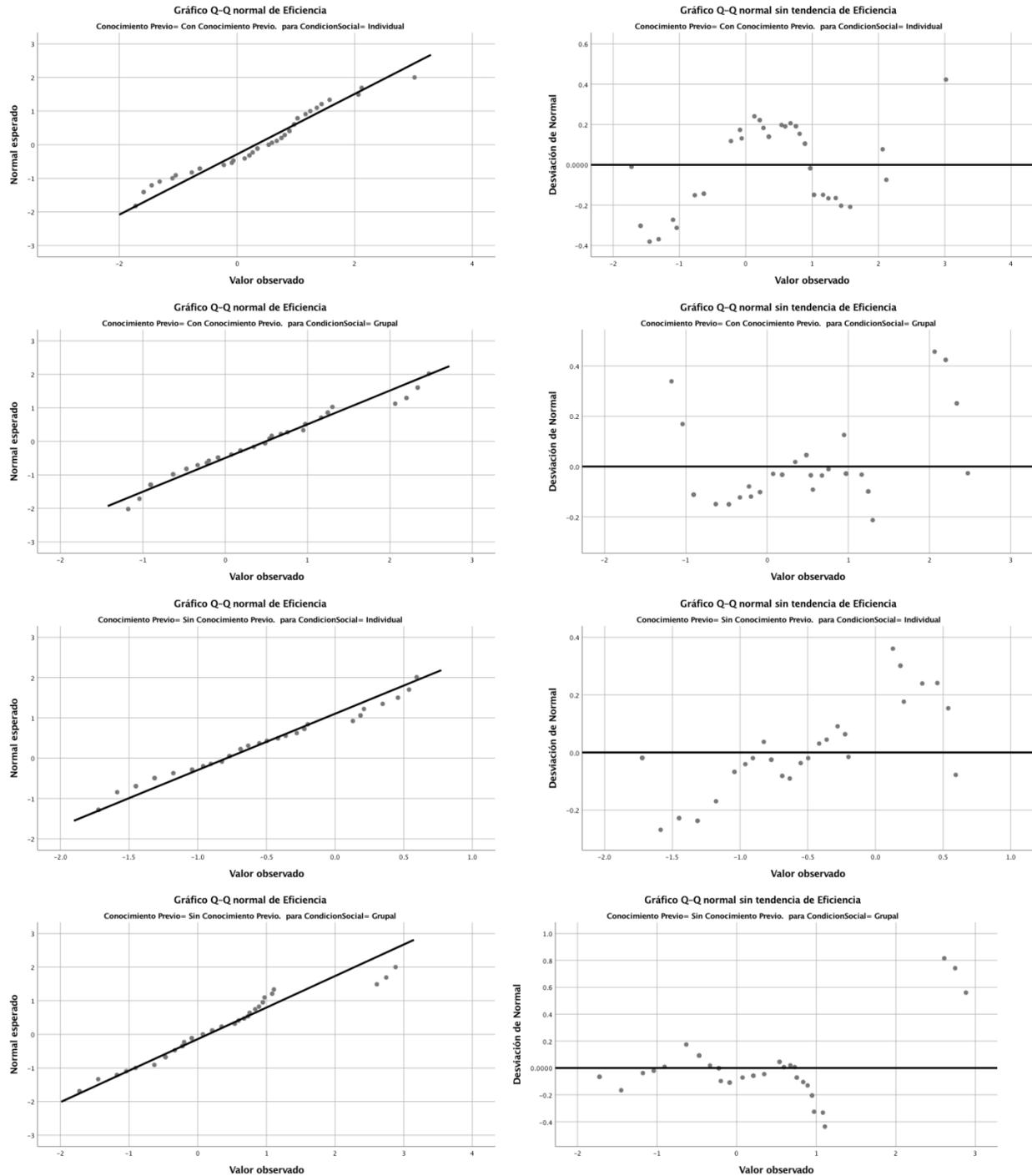


Figura 15. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto para los grupos con conocimiento previo, $F(1, 86) = .374, p = .542$,

como para los grupos sin conocimiento previo, $F(1, 85) = 3.400$, $p = .069$, cumpliéndose este supuesto.

Concerniente al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson dio como resultado 1.82 el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), lo cual sugiere el cumplimiento de este supuesto.

Resultados

Sobre la eficiencia cognitiva, el efecto principal de la condición social fue significativo, $F(1, 171) = 14.050$, $p < .001$, con un tamaño mediano, dando cuenta del 7.6% de la variabilidad observada en la variable dependiente, $\eta_p^2 = .076$, mostrando que los grupos ($M = .32$, $DE = 1.04$) fueron más eficientes que los estudiantes individuales ($M = -.24$, $DE = 1.08$) con diferencia de medias de .557.

El efecto principal de conocimiento previo también fue significativo, $F(1, 171) = 23.786$, $p = .000$, con un tamaño mediano, explicando el 12.2% de la varianza, $\eta_p^2 = .122$. Este efecto puso de manifiesto que los estudiantes con conocimientos previos de la tarea de aprendizaje ($M = .41$, $DE = 1.05$) fueron más eficientes que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = -.33$, $DE = 1.02$) con una diferencia de medias de .725.

La interacción entre la condición social y el conocimiento previo también fue significativa, $F(1, 171) = 6.659$, $p = .001$, con un tamaño pequeño que explica el 3.7% de la varianza observada, $\eta_p^2 = .037$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que, tal y como se planteó en la hipótesis 3, cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, los grupos fueron más eficientes que los individuos (Grupos: $M = .15$; $DE = 1.07$. Individual: $M = -.79$; $DE = 0.72$. Diferencia de medias = .941, $F(1,171) = 19.917$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .104$). Sin embargo, y en contra de lo esperado en la hipótesis 6, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, no existió una diferencia significativa entre grupos e individuos (Grupos: $M = .49$; $DE = .99$. Individual: $M = .32$; $DE = 1.11$. Diferencia de medias = -.174, $F(1, 171) = .686$, $p = .409$, $\eta_p^2 = .004$) (ver Figura 16).

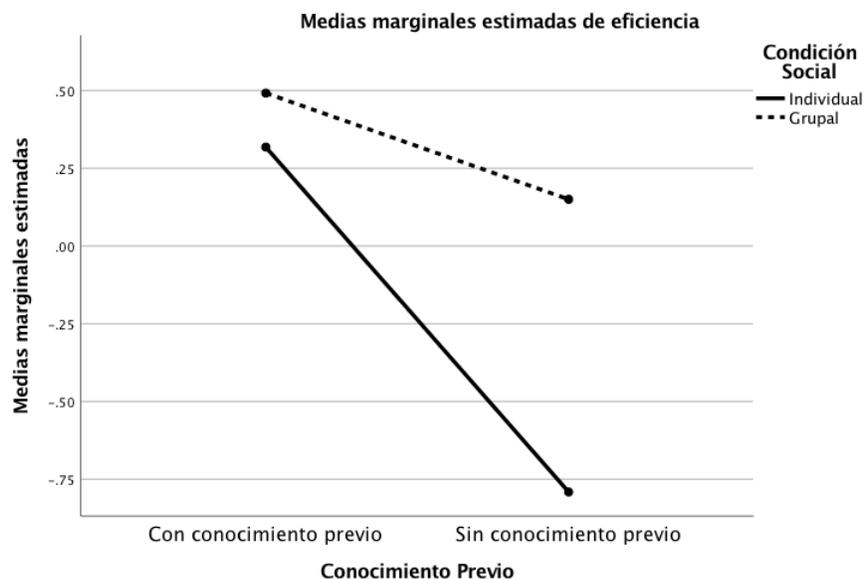


Figura 16. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable eficiencia en la fase de aprendizaje.

En resumen, los resultados obtenidos en el primer experimento pusieron de manifiesto que en la fase de aprendizaje la variable que explicó en mayor medida las variables dependientes consideradas fue el conocimiento previo que se tenía sobre la tarea de aprendizaje. En este sentido, esta variable incidió significativamente sobre el desempeño, el esfuerzo mental y la eficiencia, de forma que aquellos que tenían conocimientos previos obtuvieron un desempeño significativamente superior que quienes no lo tenían, siendo también más eficientes y percibiendo que realizaban un menor esfuerzo mental.

En segundo lugar, se constató un efecto principal de la condición social de aprendizaje, el cual evidenció que quienes aprendieron en grupo presentaron un desempeño y una eficiencia significativamente mayores que quienes aprendieron individualmente. Sin embargo, esta variable no afectó significativamente el esfuerzo mental percibido.

Por último, se encontró que en el caso del desempeño y de la eficiencia el efecto principal de la condición social de aprendizaje cambiaba significativamente en función del conocimiento previo de los participantes, de forma que, tal y como se esperaba, cuando los estudiantes no tenían conocimiento previo de la tarea de aprendizaje, aprender en grupo produjo un desempeño y una eficiencia mayor que aprender individualmente. En cuanto al esfuerzo mental percibido, aunque

la interacción entre las variables independientes no resultó estadísticamente significativa, se halló que quienes aprendieron en grupo percibieron menor esfuerzo mental que quienes lo hicieron individualmente, cuando lo que se esperaba era que cuando los estudiantes no tuviesen conocimiento previo, los que trabajasen en grupos reportaran más esfuerzo mental debido a la necesidad de transferir las estructuras compartidas previas (H2).

A diferencia de lo hallado para los participantes que no tenían conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje, cuando los alumnos sí tenían este conocimiento previo, ni el desempeño, ni la eficiencia, ni el esfuerzo mental percibido variaron significativamente en función de la condición social de aprendizaje. Estos resultados presentan evidencia en contra de lo hipotetizado, según lo cual, cuando los estudiantes han adquirido esquemas relevantes sobre la tarea de aprendizaje, la mayor capacidad de MT y la experiencia colaborativa previa de los grupos resulta redundante causando carga cognitiva ajena, por lo cual quienes aprenden en grupo obtienen menor desempeño (H4), reportan mayor esfuerzo mental (H5) y son menos eficientes (H6), que los estudiantes que aprenden individualmente.

Fase de Retención

Desempeño

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que solo una de las condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo-individual) presentó una asimetría mayor a ± 0.50 en la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas, indicando que esta distribución no se ajusta a la normal, mostrando una asimetría negativa que indica que los datos se agruparon hacia los valores altos de la variable (Tabla 5 y Figura 17). Por otra parte, tres condiciones (i.e., con conocimiento previo-individual, sin conocimiento previo-individual y grupal) obtuvieron un curtosis superior a ± 0.50 , indicando que las distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. La condición con conocimiento previo-individual tuvo una distribución leptocúrtica; mientras que las restantes condiciones presentaron una distribución platicúrtica (Figura 17). Además, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar, la

condición conocimiento previo-individual obtuvo un valor superior a 1.96 (Kim, 2013); las demás condiciones cumplieron el supuesto de normalidad.

Tabla 5

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Desempeño en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, individual	-2.017	.361	-5.58	4.060	.709	5.72	.680	43	.000
Con conocimiento previo, grupal	-.464	.365	-1.27	-.117	.717	-0.16	.929	42	.012
Sin conocimiento previo, individual	.052	.357	0.14	-.838	.702	-1.19	.966	44	.212
Sin conocimiento previo, grupal	.192	.365	0.52	-.689	.717	-0.96	.958	42	.129

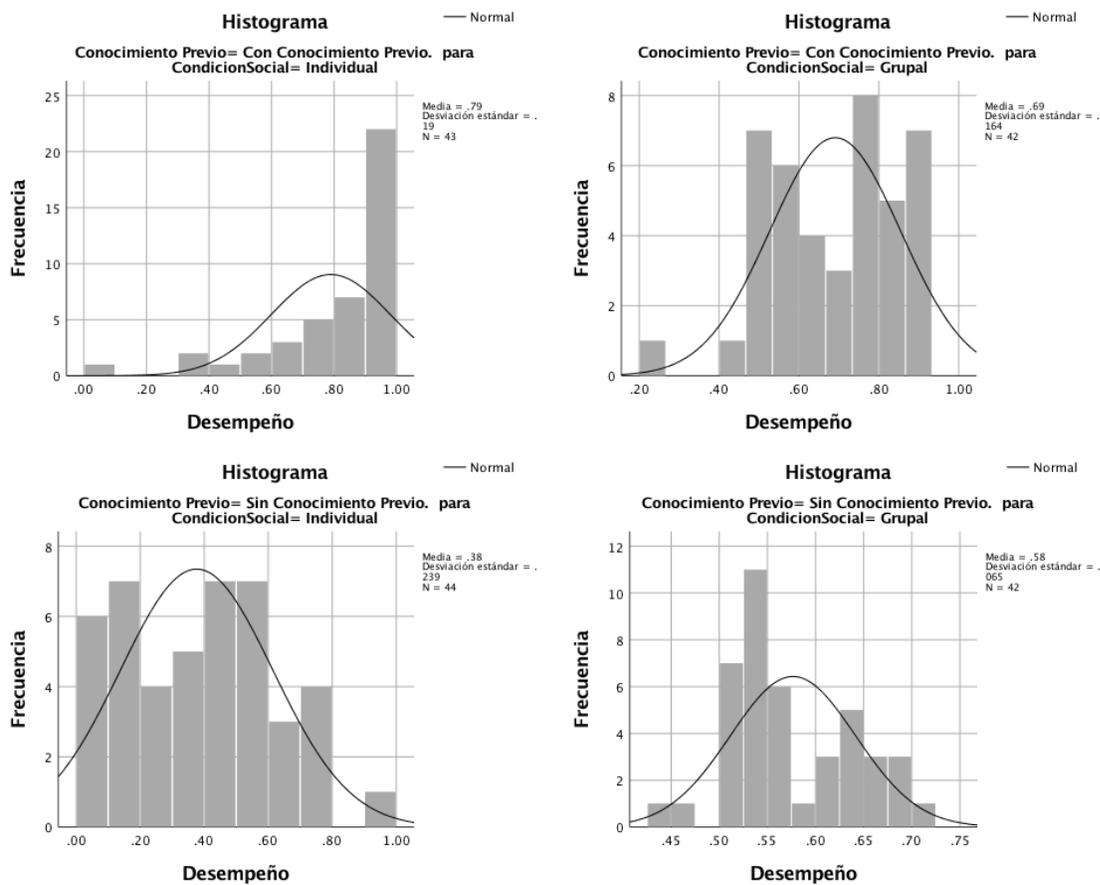
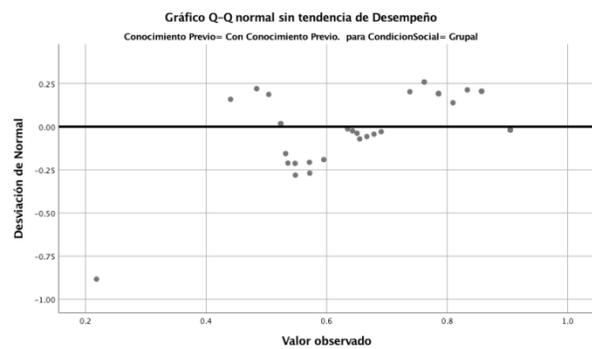
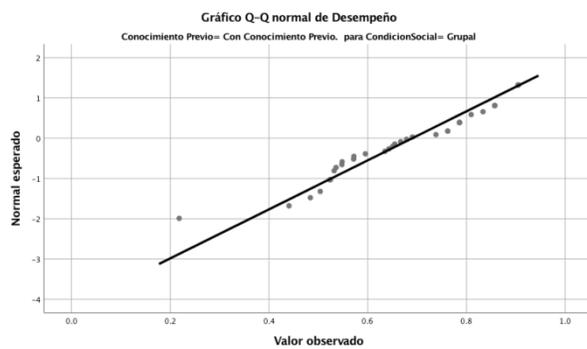
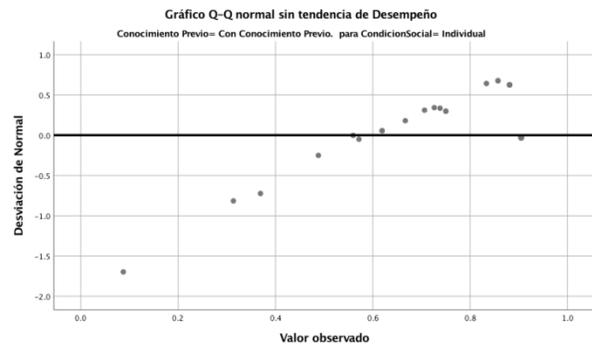
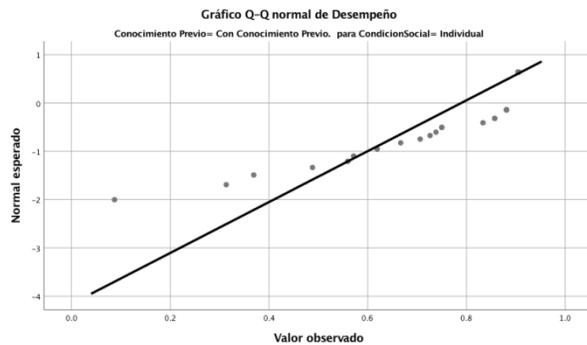


Figura 17. Histogramas con curva normal de la variable desempeño en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk muestran que las condiciones experimentales sin conocimiento previo-individual y grupal satisfacen el supuesto de distribución normal (Tabla 5). Los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 18), muestran desviaciones sustanciales de la distribución normal en las condiciones con conocimiento previo individual y grupal, aunque el incumplimiento de los supuestos de normalidad no afectan la rigurosidad de las pruebas F (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002).



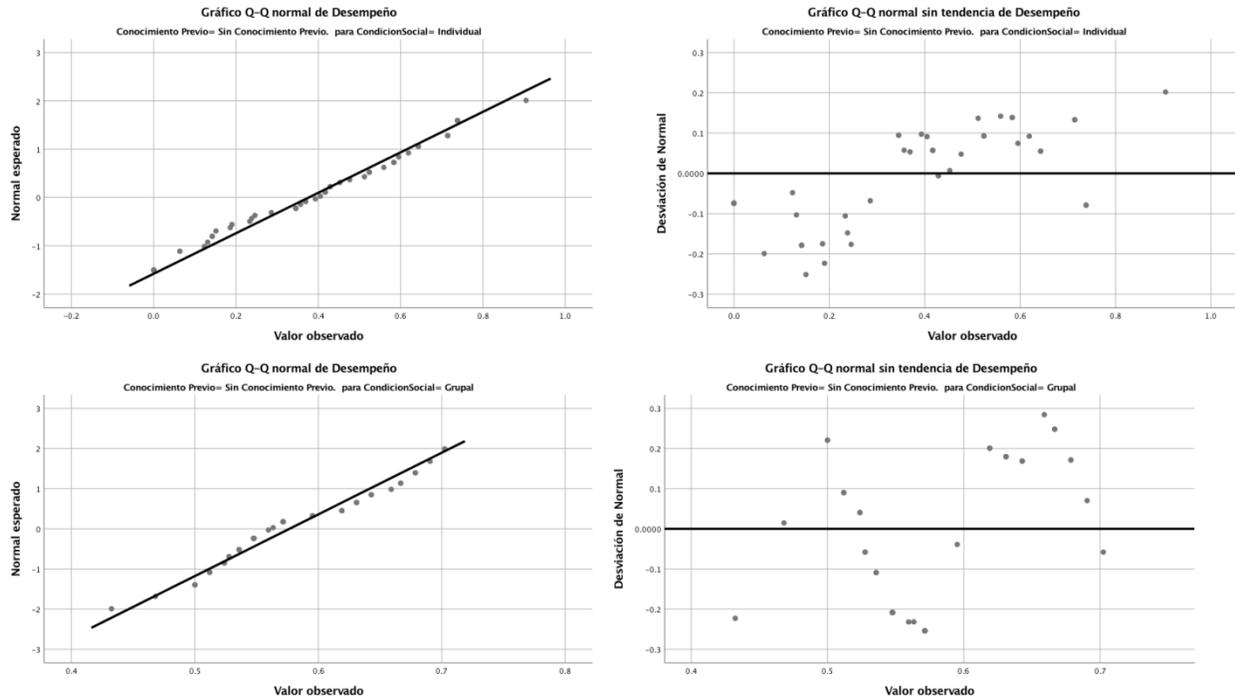


Figura 18. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto para los grupos con conocimiento previo, $F(1, 83) = .032, p = .858$, como para los grupos sin conocimiento previo, $F(1, 84) = .562, p = .456$.

Sobre el supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) dio como resultado 1.55, el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

Con respecto al desempeño, se encontró que el efecto principal de la condición social de aprendizaje no fue significativo, $F(1, 167) = 3.492, p = .063, \eta_p^2 = .020$, (Grupos: $M = .63, DE = .019$. Individual: $M = .58, DE = .019$). Sin embargo, el efecto principal del conocimiento previo sí fue significativo, $F(1, 167) = 94.351, p = .000$, explicando el 36.1% de la varianza de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .361$. Este efecto principal evidenció que los estudiantes con

conocimientos previos ($M = .74$, $DE = .18$) superaron en desempeño a los estudiantes sin conocimientos previos ($M = .47$, $DE = .20$) con una diferencia de medias de .263.

La interacción entre la condición social y el conocimiento previo fue significativa, $F(1, 167) = 30.384$, $p = .000$, dando cuenta del 15.4% de la variabilidad observada en la variable dependiente, $\eta_p^2 = .154$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que, tal y como se hipotetizó, cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, los que trabajaron en grupos ($M = .58$, $DE = .07$) superaron en desempeño a los que trabajaron individualmente ($M = .38$, $DE = .24$) (Grupos: $M = .58$, $DE = .07$. Individual: $M = .38$, $DE = .24$), con una diferencia de medias = .200, $F(1, 167) = 27.393$, $p = .000$, $\eta_p^2 = .141$. Por el contrario, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, los que aprendieron individualmente ($M = .79$, $DE = .19$) obtuvieron un desempeño significativamente más alto que aquellos que aprendieron en grupos ($M = .69$, $DE = .16$), con una diferencia de medias = .099, $F(1, 167) = 6.600$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .038$ (ver Figura 19).

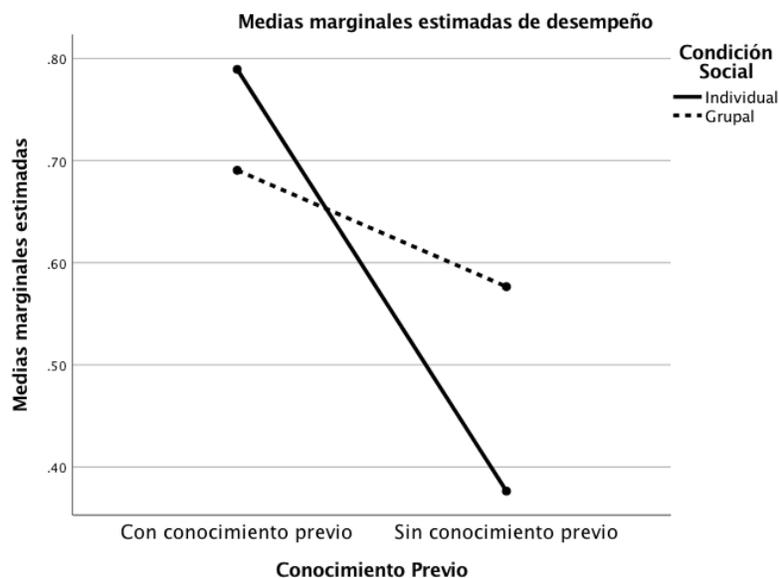


Figura 19. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable desempeño en la fase de retención.

Esfuerzo mental percibido

Cumplimiento de supuestos

Sobre el supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que tres condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo-grupal y sin conocimiento previo-individual y grupal), presentaron una asimetría mayor a ± 0.50 en sus puntuaciones *z* absolutas, lo cual es un indicador de que sus distribuciones no se ajustan a la normal; sus asimetrías fueron negativas indicando que los datos se agruparon hacia los valores altos de la variable (Tabla 6 y Figura 20). Sobre la curtosis, las condiciones con conocimiento previo-individual y sin conocimiento previo-individual obtuvieron un valor superior a ± 0.50 , sugiriendo que sus distribuciones no tienen una distribución gaussiana. Concretamente, la distribución de la condición con conocimiento previo-individual fue platicúrtica, mientras que mientras que la de la condición sin conocimiento previo-individual fue leptocúrtica (Tabla 6 y Figura 20). Aún más, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar, las condiciones con conocimiento previo-grupal y sin conocimiento previo tanto individual grupal obtuvieron valores superiores a 1.96 (incumplieron el supuesto; Kim, 2013); las demás condiciones cumplieron el supuesto de normalidad.

Tabla 6

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Esfuerzo Mental en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	<i>z</i>	Estad.	DE	<i>z</i>	Estad.	<i>gl</i>	<i>p</i>
Con conocimiento previo, individual	-.013	.361	-0.04	-.814	.709	-1.14	.965	43	.210
Con conocimiento previo, grupal	-.841	.365	-2.30	.456	.717	0.63	.937	42	.022
Sin conocimiento previo, individual	-1.151	.357	-3.22	.714	.702	1.02	.876	44	.000
Sin conocimiento previo, grupal	-.957	.365	-2.62	.061	.717	0.08	.880	42	.000

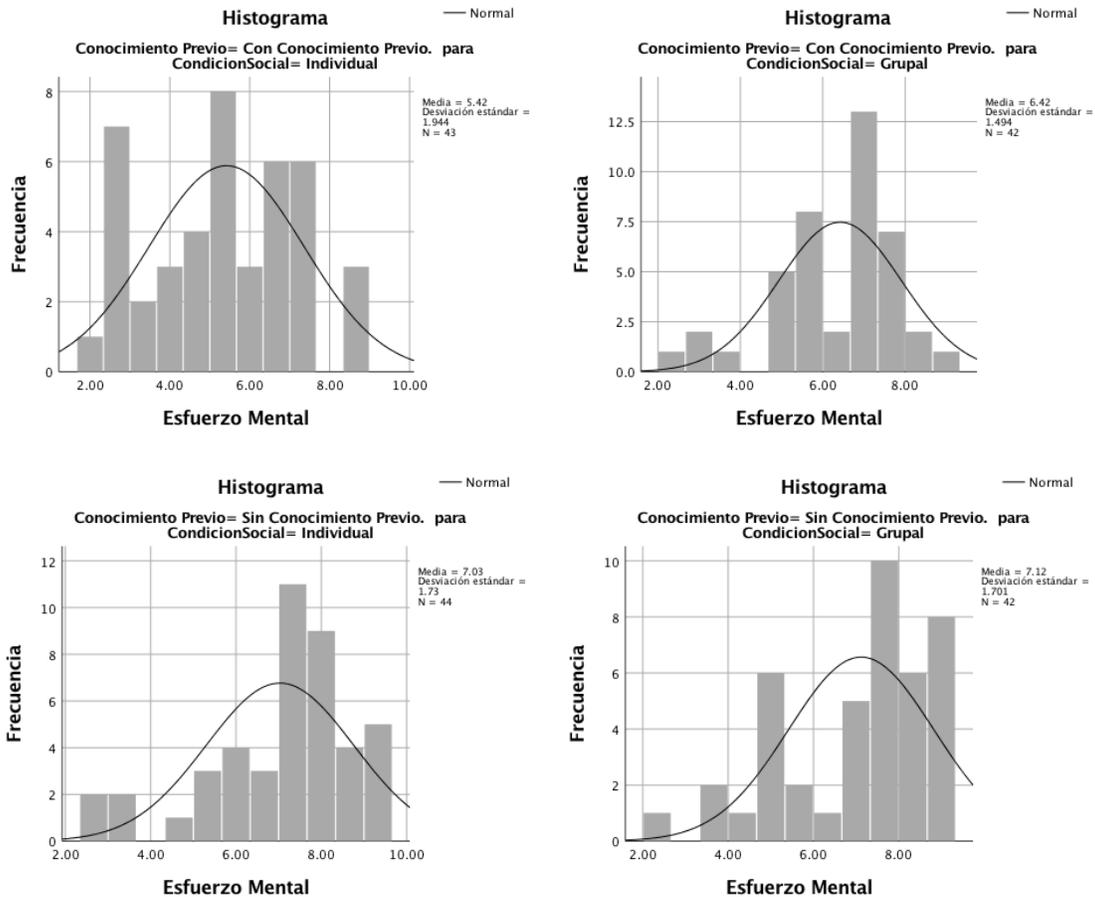


Figura 20. Histogramas con curva normal de la variable esfuerzo mental en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que solamente la condición experimental con conocimiento previo-individual satisface el supuesto de normalidad (Tabla 6), lo cual se corrobora en los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 21). Las otras condiciones presentan desviaciones sustanciales de la normal.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto para los grupos con conocimiento previo, $F(1, 83) = 3.120, p = .081$, como para los grupos sin conocimiento previo, $F(1, 84) = .192, p = .662$.

En lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) resultó en 1.88, el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

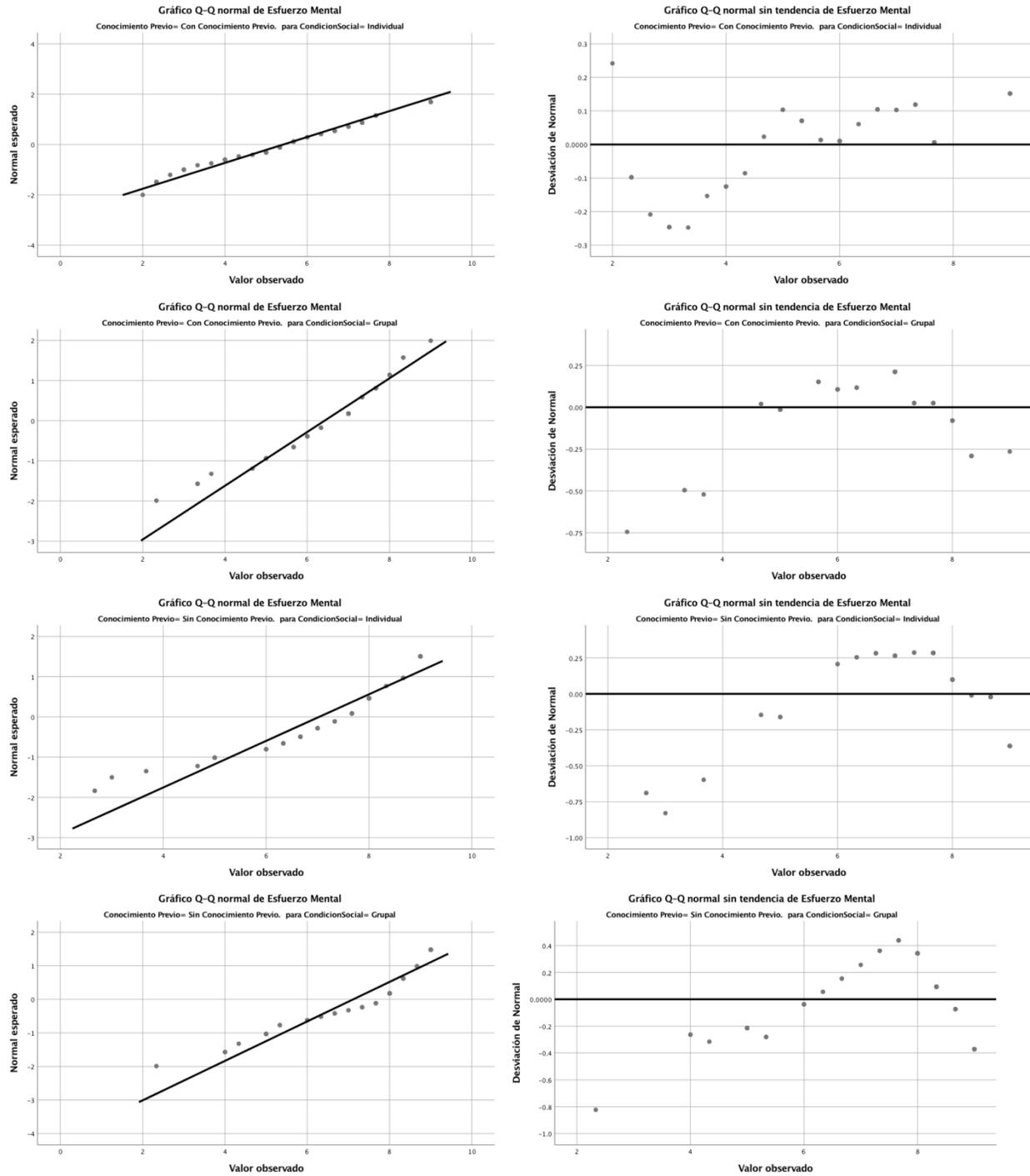


Figura 21. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

Resultados

En cuanto al esfuerzo mental, se encontró una diferencia estadísticamente significativa en función de la condición social de aprendizaje, $F(1, 167) = 4.267$, $p = .040$, con un tamaño de efecto pequeño y que explicó el 2.5% de la varianza, $\eta_p^2 = .025$. Esta diferencia puso de manifiesto que los grupos ($M = 6.77$, $DE = 1.63$) percibieron más esfuerzo mental que los individuos ($M = 6.23$, $DE = 2.00$) con una diferencia de medias de .545.

El efecto principal de conocimiento previo también fue significativo, $F(1, 167) = 19.138$, $p = .000$, de mediana magnitud, y explicó el 10.3% de la varianza observada de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .103$, mostrando que los estudiantes con conocimientos previos ($M = 5.91$, $DE = 1.80$) percibieron menos esfuerzo mental que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = 7.07$, $DE = 1.71$) con una diferencia de medias de -1.155 .

La interacción entre condición social y conocimiento previo no fue significativa, $F(1, 167) = 2.991$, $p = .086$, $\eta_p^2 = .018$. Sin embargo, con la finalidad de profundizar en el contraste de las hipótesis 2 y 5 se examinaron las comparaciones de esta interacción usando a prueba de Bonferroni. Se encontró que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, en contra de lo esperado en la hipótesis 2, no existe diferencia significativa en percepción de esfuerzo mental entre los grupos ($M = 7.12$, $DE = 1.70$) e individuos ($M = 7.03$, $DE = 1.73$). Diferencia de medias .089, $F(1, 167) = .057$, $p = .812$, $\eta_p^2 = .000$. Sin embargo, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, los individuos ($M = 5.42$, $DE = 1.94$) reportaron un esfuerzo mental significativamente menor que quienes aprendieron grupalmente, lo cual es evidencia a favor de la hipótesis 5 ($M = 6.42$; $DE = 1.50$, con una diferencia de medias = -1.002 , $F(1, 161) = 1.161$, $p = .008$, $\eta_p^2 = .041$) (ver Figura 22).

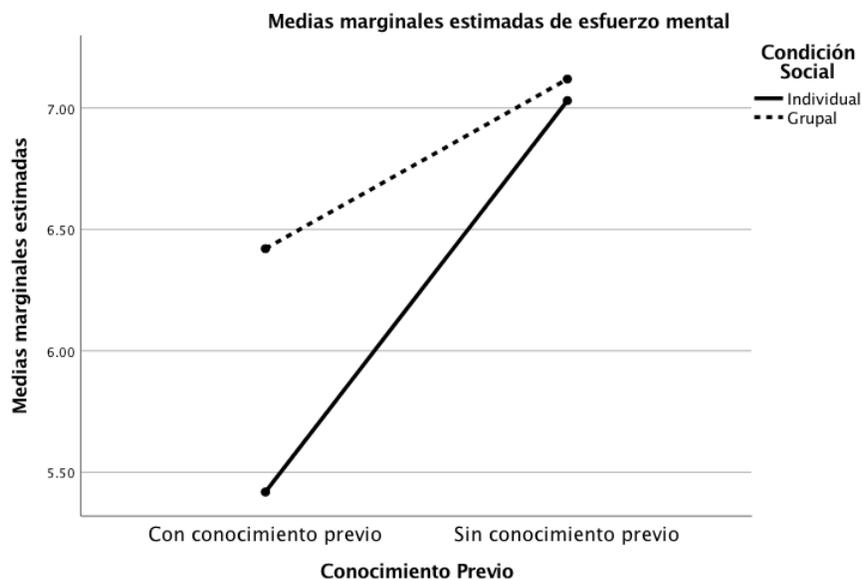


Figura 22. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable esfuerzo mental en la fase de retención.

Eficiencia

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que solo en una de las condiciones experimentales (i.e., sin conocimiento previo-grupal), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas presentó una asimetría mayor a 0.50, mostrando una asimetría positiva que indica que los datos tendieron a agruparse hacia los valores bajos de la variable, y es un indicador de que dicha distribución no se ajusta a la normal (Tabla 7 y Figura 23). Por otra parte, solamente la condición con conocimiento previo-individual obtuvo una curtosis mayor a ± 0.50 , indicando una distribución platicúrtica. Los valores de curtosis de las demás distribuciones sugieren que las mismas son mesocúrticas, indicador éste de que se ajustan a una distribución gaussiana (Figura 23). Al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar, cuatro de las ocho resultados fueron superiores a 1.96 (Kim, 2013), indicando un incumplimiento del supuesto de normalidad.

Tabla 7

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Eficiencia en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, individual	-.304	.361	-0.84	-.876	.709	-1.23	.950	43	.058
Con conocimiento previo, grupal	.192	.365	0.52	.028	.717	0.04	.986	42	.870
Sin conocimiento previo, individual	.277	.357	0.77	.141	.702	0.20	.972	44	.352
Sin conocimiento previo, grupal	1.017	.365	2.78	.326	.717	0.45	.889	42	.001

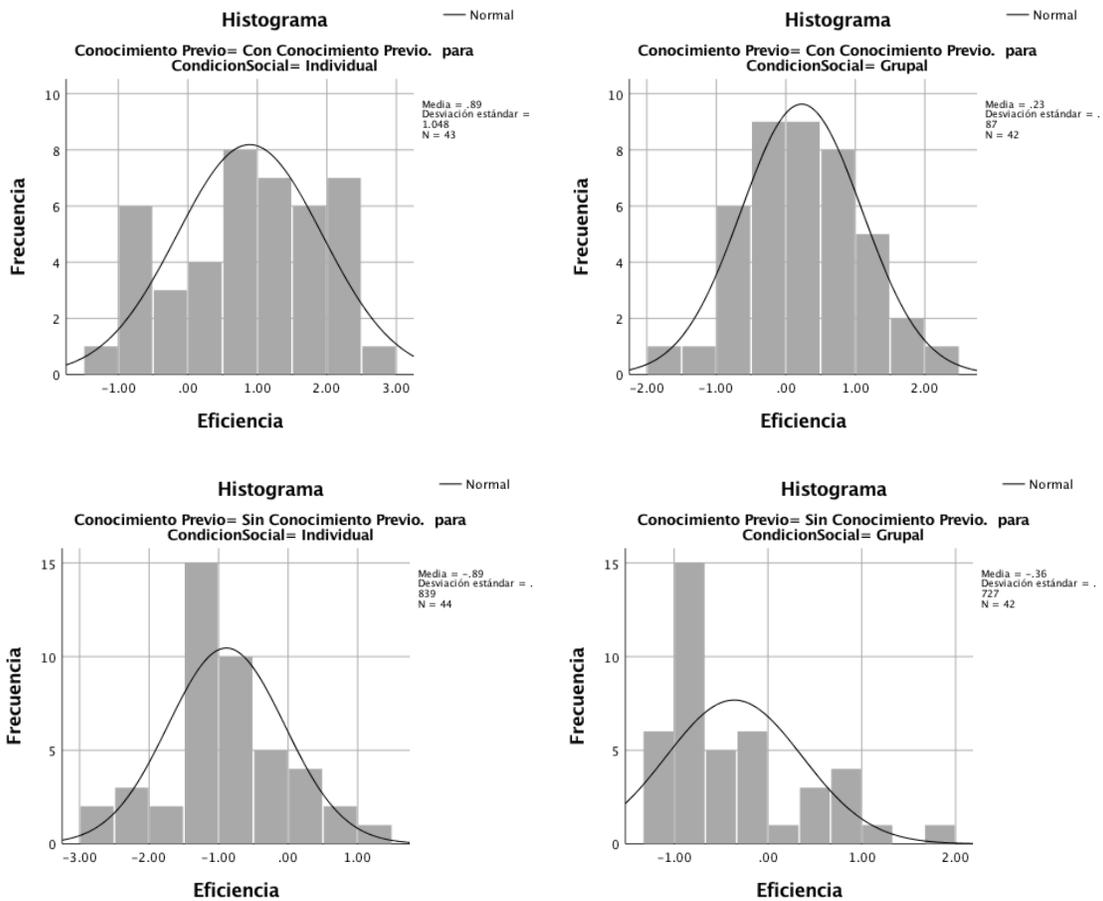
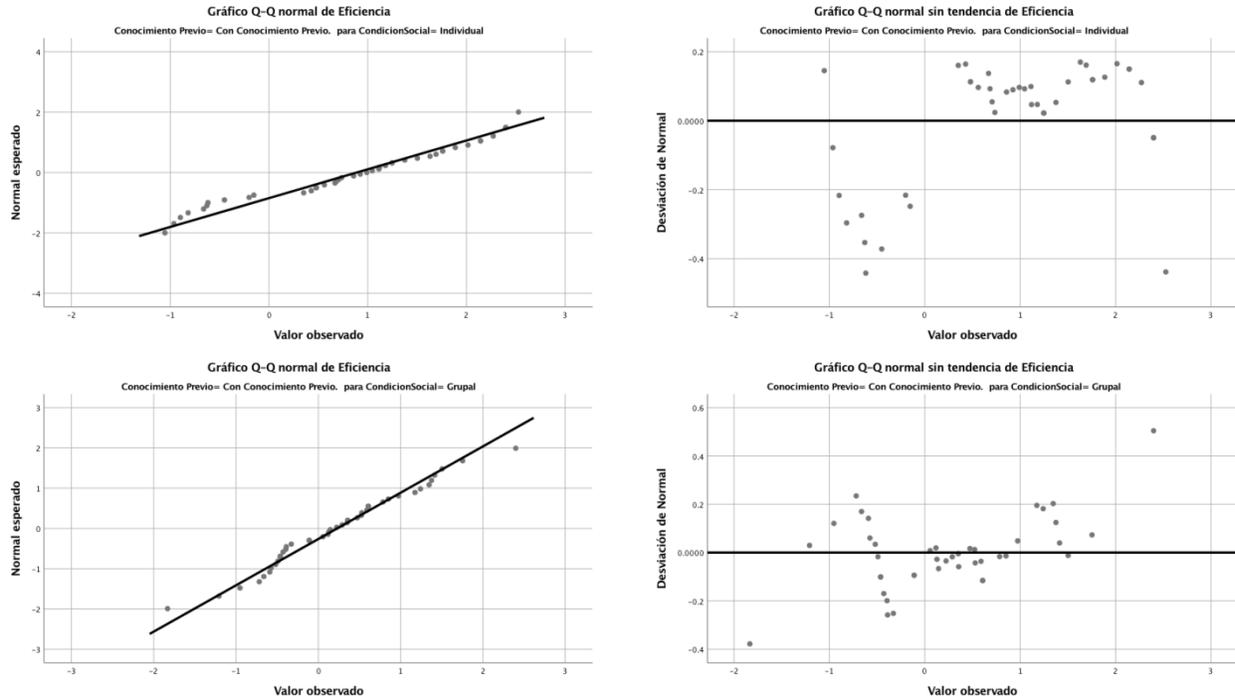


Figura 23. Histogramas con curva normal de la variable eficiencia en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk indican que tres de las cuatro condiciones experimentales satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 7); solamente la condición sin

conocimiento previo-grupal no lo cumplió. Los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 24) también muestran que la condición sin conocimiento previo-grupal tuvo desviaciones sustanciales de la normal. Ahora bien, tal y como se señaló previamente, el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales tiene poca incidencia sobre la prueba F (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002).



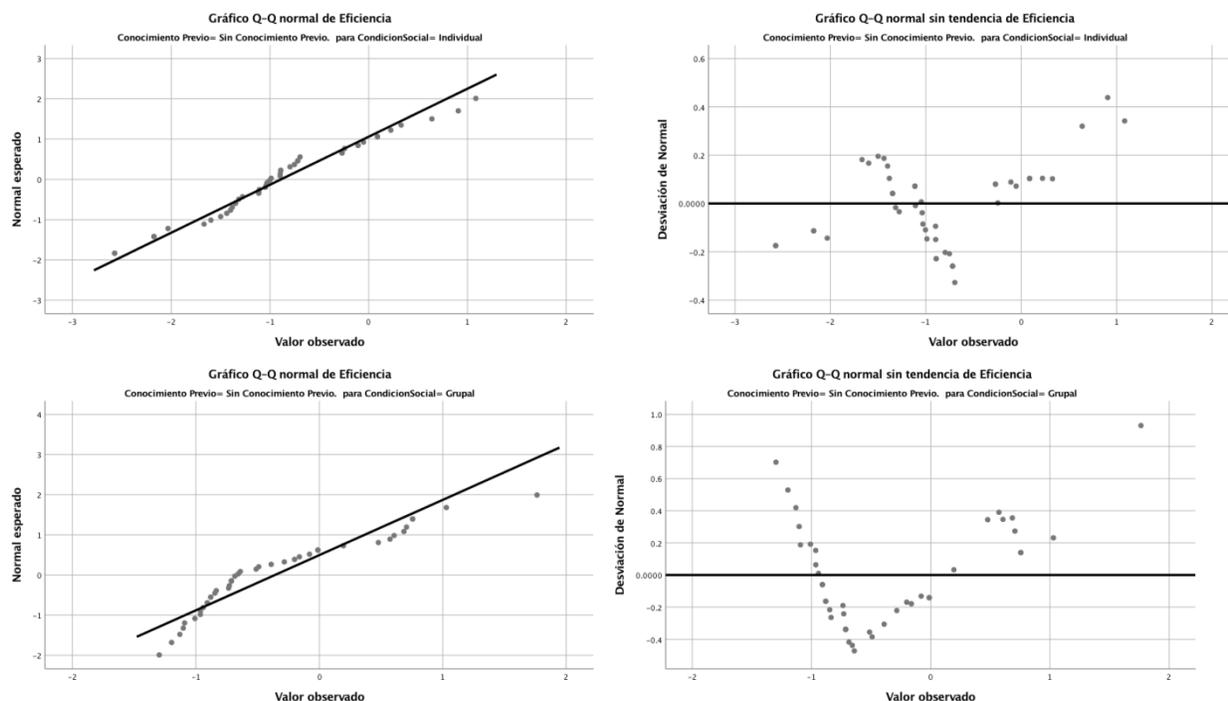


Figura 24. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto para los grupos con conocimiento previo, $F(1, 83) = 1.679, p = .199$, como para los grupos sin conocimiento previo, $F(1, 84) = .087, p = .769$.

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) dio como resultado 1.75, el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

Sobre la eficiencia cognitiva, el efecto principal de la condición social no fue significativo, $F(1, 167) = .249, p = .619, \eta_p^2 = .001$, (Grupos: $M = -.07, DE = .85$. Individual: $M = .01, DE = 1.30$). Sin embargo, el efecto principal del conocimiento previo fue significativo, $F(1, 167) = 77.413, p = .000$. La magnitud de este efecto fue grande, explicando el 31.7% de la varianza, $\eta_p^2 = .317$. Este efecto principal mostró que los estudiantes con conocimientos previos sobre la tarea de

aprendizaje ($M = .56$, $DE = 1.01$) fueron más eficientes que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = -.63$, $DE = .83$) con una diferencia de medias de 1.183.

La interacción entre la condición social y el conocimiento previo también fue significativa, $F(1, 167) = 19.584$, $p = .000$, dando cuenta del 10.5% de la varianza, $\eta_p^2 = .105$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que, tal y como se planteó en las hipótesis 3 y 6, cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, los que aprendieron en grupos ($M = -.36$, $DE = .73$) fueron más eficientes que los que aprendieron individualmente ($M = -.89$, $DE = .84$), con una diferencia de medias = .528, $F(1, 167) = 7.754$, $p = .006$, $\eta_p^2 = .044$. Por el contrario, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, los que aprendieron individualmente ($M = .89$, $DE = 1.05$) fueron más eficientes que quienes lo hicieron en grupos ($M = .23$, $DE = .87$), con una diferencia de medias = .662, $F(1, 167) = 12.054$, $p = .001$, $\eta_p^2 = .067$ (ver Figura 25).

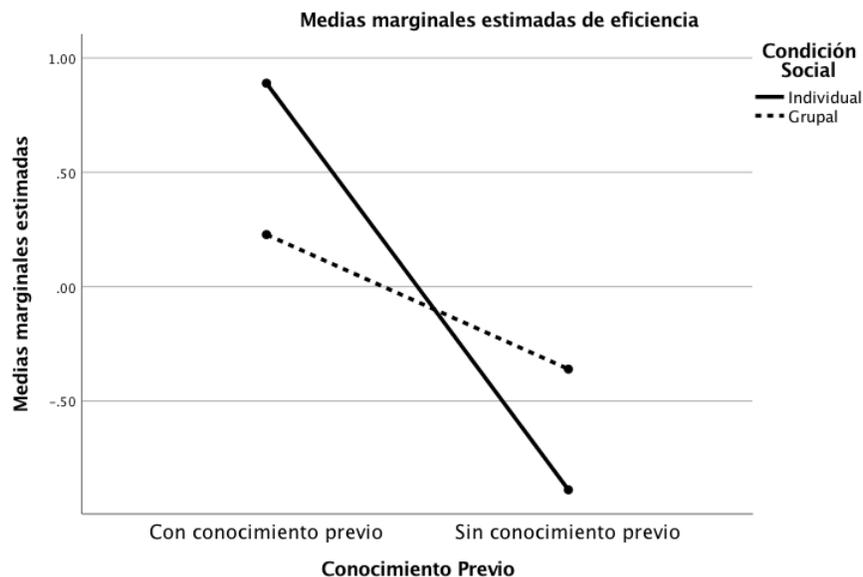


Figura 25. Interacción entre conocimiento previo y condición social de aprendizaje para la variable eficiencia en la fase de retención.

En resumen, los resultados obtenidos en el primer experimento evidenciaron que, al igual que lo observado en la fase de aprendizaje, en la fase de retención la variable que explicó en mayor medida las variables dependientes consideradas fue el conocimiento previo que se tenía sobre la tarea de aprendizaje. En este sentido, del mismo modo que sucedió en la fase de aprendizaje, en

la fase de retención esta variable afectó significativamente al desempeño, el esfuerzo mental y la eficiencia, de forma que aquellos que tenían conocimientos previos obtuvieron un desempeño significativamente mayor que quienes no lo tenían, siendo también más eficientes y percibiendo que realizaban un menor esfuerzo mental.

En segundo lugar, en cuanto a la condición social de aprendizaje, a diferencia de lo hallado en la fase de aprendizaje, en la fase de retención esta variable solo incidió significativamente sobre el esfuerzo mental percibido, de forma que quienes aprendieron en grupos percibieron que realizaban un mayor esfuerzo mental que quienes aprendieron individualmente.

Por último, se encontró que en el caso del desempeño y de la eficiencia el efecto principal de la condición social de aprendizaje cambiaba significativamente en función del conocimiento previo de los participantes, de forma que, tal y como se esperaba en las hipótesis 1 y 3, cuando los estudiantes no tenían conocimiento previo de la tarea de aprendizaje, aprender en grupo estuvo asociado a un desempeño y una eficiencia mayor que aprender individualmente. A diferencia de esto, cuando los alumnos tenían este conocimiento previo, aquellos que aprendieron en grupo mostraron un desempeño y una eficiencia significativamente inferior que aquellos que aprendieron individualmente. Estos resultados se constituyen en evidencia a favor de lo hipotetizado según lo cual cuando los estudiantes han adquirido esquemas relevantes sobre la tarea de aprendizaje, la mayor capacidad de MT y la experiencia colaborativa previa de los grupos resulta redundante causando carga cognitiva ajena, por lo cual quienes aprenden en grupo obtienen menor desempeño (H4) y son menos eficientes (H6), que los estudiantes que aprenden individualmente.

Experimento 2

Fase de aprendizaje

Desempeño (efectividad)

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que las distribuciones de dos de las condiciones experimentales (con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa, y sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa) tuvieron una asimetría igual o mayor a 0.50, es decir, no se ajustan a una distribución normal. La distribución de las puntuaciones en la condición con conocimiento previo- sin experiencia colaborativa presentó una asimetría negativa, y la de la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa tuvo una asimetría positiva donde los datos se agruparon hacia los valores bajos de la variable (Tabla 8 y Figura 26). Por otra parte, solamente la condición con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa obtuvo una curtosis inferior a 0.50, indicando que las demás distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. En los histogramas se puede observar que las condiciones con conocimiento previo-con experiencia colaborativa, y sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa tuvieron distribuciones platicúrticas; mientras que, la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa mostró una distribución leptocúrtica (Tabla 8 y Figura 26). Adicionalmente, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar cuatro de los ocho valores fueron inferiores a 1.96 (Kim, 2013) cumpliendo el supuesto de normalidad.

Tabla 8

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Desempeño en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.255	.354	-0.72	-1.588	.695	-2.28	.799	45	.000
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-.498	.361	-1.37	-.243	.709	-0.34	.855	43	.000
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	.154	.357	0.43	-1.454	.702	-2.07	.819	44	.000
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	3.453	.365	9.46	10.416	.717	14.52	.284	42	.000

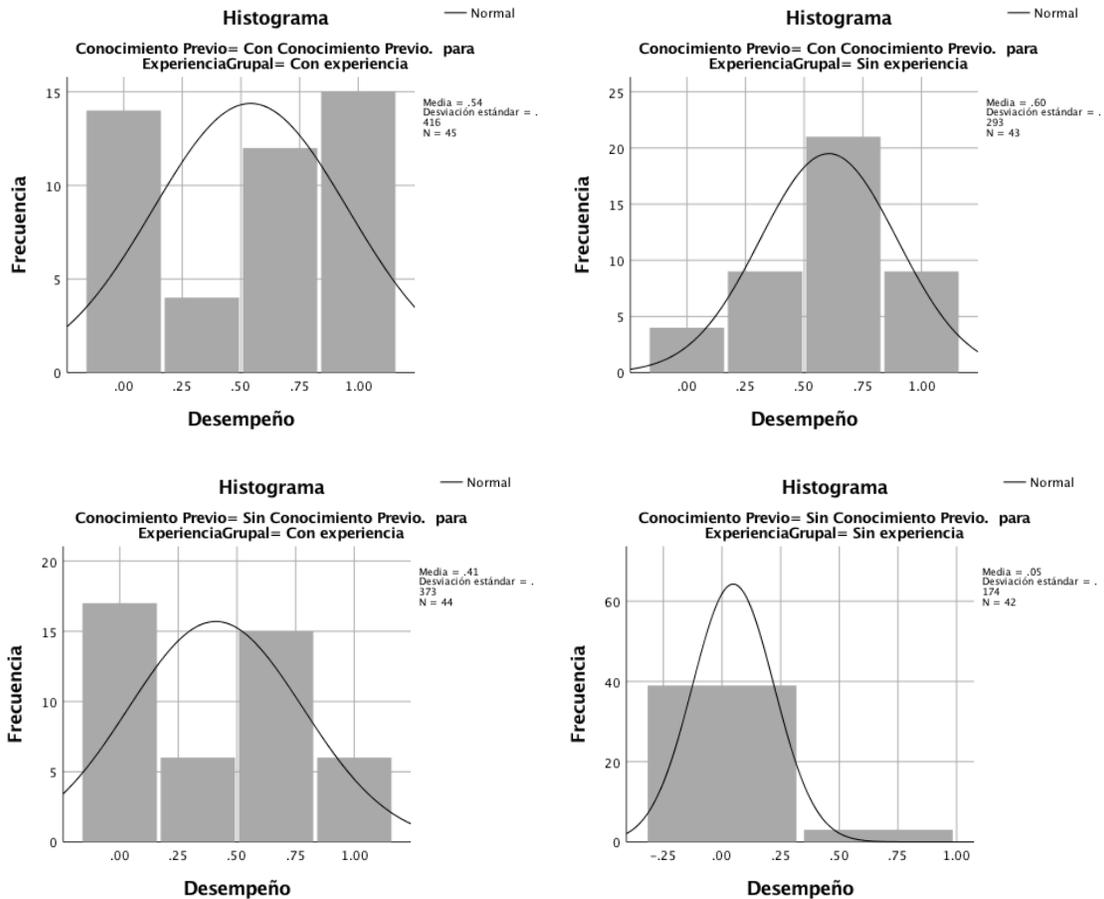


Figura 26. Histogramas con curva normal de la variable desempeño en la fase de aprendizaje.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que en ninguna de las condiciones experimentales las distribuciones de los datos satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 8). Indicaciones del incumplimiento del supuesto de normalidad también las aportan los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 27), cuya observación revela desviaciones de la normal en las cuatro condiciones experimentales. No obstante, tal y como se señaló previamente, y según lo indicado por Balluerka Lasa y Vergara Iraeta (2002), el incumplimiento del supuesto de normalidad tiene poca incidencia sobre la prueba F .

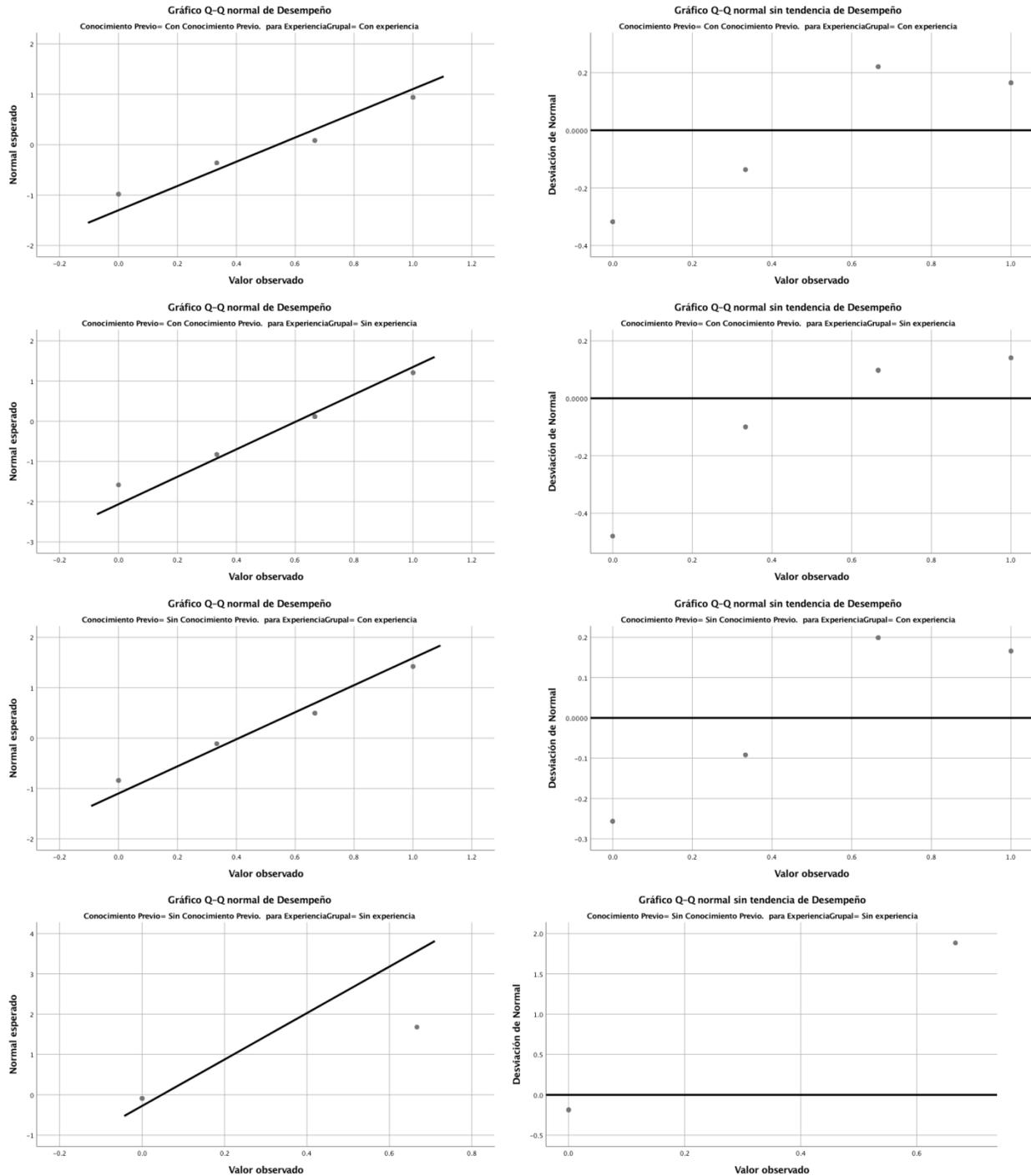


Figura 27. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error no fueron homogéneas ni en la condición con conocimiento previo, $F(1, 86) = 14.845, p = .000$, ni en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 84) = 58.935, p = .000$). No obstante, el

incumplimiento de este supuesto no incide en el contraste de F pues la cantidad de participantes en cada una de las condiciones es prácticamente igual (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva Rodríguez, 1992).

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) dio como resultado .613, valor el cual está fuera del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), mostrando que los errores correlacionan positivamente e incumpléndose así este supuesto.

Resultados

Con respecto al desempeño, se encontró que el efecto principal de la experiencia colaborativa previa fue significativo, $F(1, 170) = 8.871, p = .003$, con un tamaño muy pequeño, explicando solo el 5% de la varianza observada de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .050$. Este efecto principal evidenció que los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = .48, DE = .40$) tuvieron mejor desempeño que los grupos sin experiencia colaborativa previa ($M = .33, DE = .37$) con una diferencia de medias de .149.

El efecto principal del conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje también resultó significativo, $F(1, 170) = 47.519, p = .000$, y de magnitud bastante grande, explicando el 21.8% de la varianza, $\eta_p^2 = .218$. Al igual que en el experimento 1, este efecto indicó que el desempeño de los estudiantes con conocimientos previos ($M = .57, DE = .36$) superó al de los estudiantes sin conocimientos previos ($M = .23, DE = .34$), con una diferencia entre medias de .34.

También se encontró que la interacción entre la experiencia colaborativa previa del grupo y el conocimiento previo fue significativa, $F(1, 170) = 18.130, p = .000$, interacción la cual fue de mediana magnitud y dio cuenta del 9.6% de la varianza de la variable desempeño, $\eta_p^2 = .096$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, tal y como se esperaba en la hipótesis 7, los grupos experimentados en trabajo colaborativo ($M = .41, DE = .37$) tuvieron un desempeño significativamente superior a los grupos sin experiencia colaborativa ($M = .05, DE = .17$, con una diferencia de medias = .361, $F(1, 170) = 25.885, p = .000, \eta_p^2 = .132$). Sin embargo, en contra de lo planteado en la hipótesis 10, cuando

los estudiantes tenían conocimientos previos, no hubo una diferencia entre los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = .54$, $DE = .42$) y sin experiencia colaborativa previa ($M = .60$, $DE = .29$; diferencia de medias = $-.064$), $F(1, 170) = .828$, $p = .364$, $\eta_p^2 = .005$ (ver Figura 28).

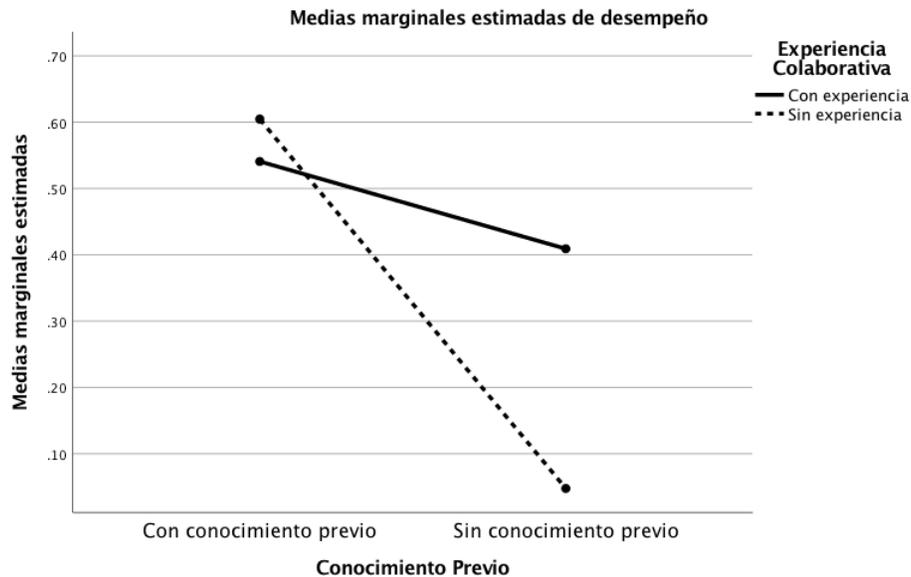


Figura 28. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable desempeño en la fase de aprendizaje.

Esfuerzo mental percibido

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, el análisis exploratorio mostró que en dos de las condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa, y sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas presentó una asimetría mayor a ± 0.50 , lo cual es un indicador de que dichas distribuciones no se ajustan a la normal. En este sentido, la distribución de las puntuaciones en la condición con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa presentó una asimetría positiva, indicando que los datos tendieron a agruparse hacia los valores bajos de la variable; mientras que, la distribución de la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa tuvo una asimetría negativa indicativa de que los datos se agruparon hacia los

valores altos de la variable (Tabla 9 y Figura 29). Por otra parte, solo la condición con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa obtuvo un curtosis inferior a 0.50, indicando que su distribución se ajusta a una distribución gaussiana. Concretamente, en las condiciones con conocimiento previo-con experiencia colaborativa y sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa las distribuciones fueron platicúrticas; mientras que, la distribución de la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa resultó leptocúrtica (Tabla 9 y Figura 29). Adicionalmente, al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar se obtuvieron valores inferiores a 1.96 (Kim, 2013) en todos los casos, exceptuando la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa; esto indica que la mayoría cumplen el supuesto de normalidad.

Tabla 9

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Esfuerzo Mental en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.009	.354	-0.02	-.940	.695	-1.35	.947	45	.039
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	.677	.361	1.87	.054	.709	0.07	.933	43	.015
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.216	.357	-0.60	-1.088	.702	-1.54	.935	44	.015
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-1.132	.365	-3.10	.546	.717	0.76	.865	42	.000

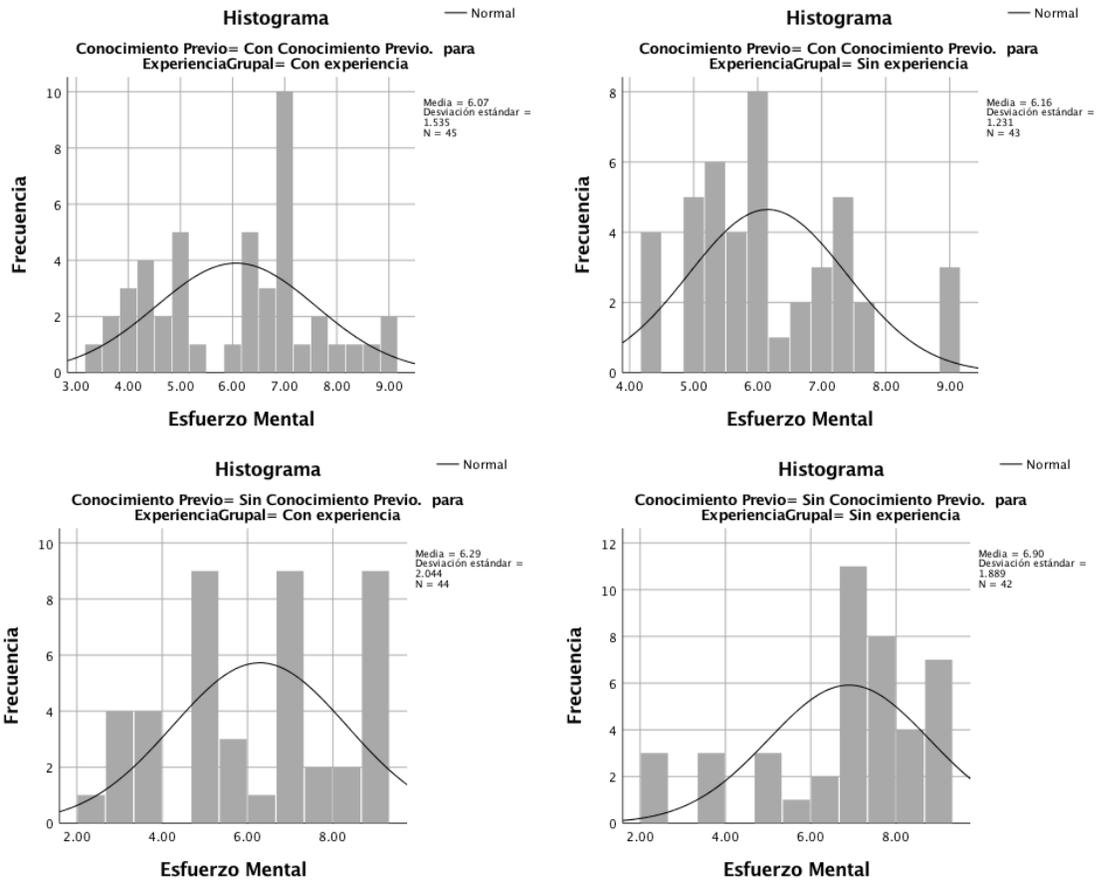


Figura 29. Histogramas con curva normal de la variable esfuerzo mental en la fase de aprendizaje.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que en ninguna de las condiciones experimentales las distribuciones de los datos satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 9). De hecho, en los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 30) se observan desviaciones de la normal en todas las condiciones experimentales. A pesar de que no todas las condiciones cumplen todos los criterios para la normalidad, según lo indicado por Balluerka Lasa y Vergara Iraeta (2002), esto tiene poca incidencia sobre la prueba F .

En cuanto al supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error no fueron homogéneas en la condición con conocimiento previo, $F(1, 86) = 4.322, p = .041$; pero, sí se cumplió el supuesto en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 84) = 1.859, p = .176$. No obstante, el incumplimiento de este supuesto en el caso de una de las condiciones no incide en el contraste de F pues la cantidad de participantes en cada una de las condiciones fue prácticamente igual (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva Rodríguez, 1992).

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, se obtuvo un valor en el estadístico Durbin-Watson (1951) de .90, el cual está debajo del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), indicando que los errores correlacionan positivamente e incumpléndose este supuesto.

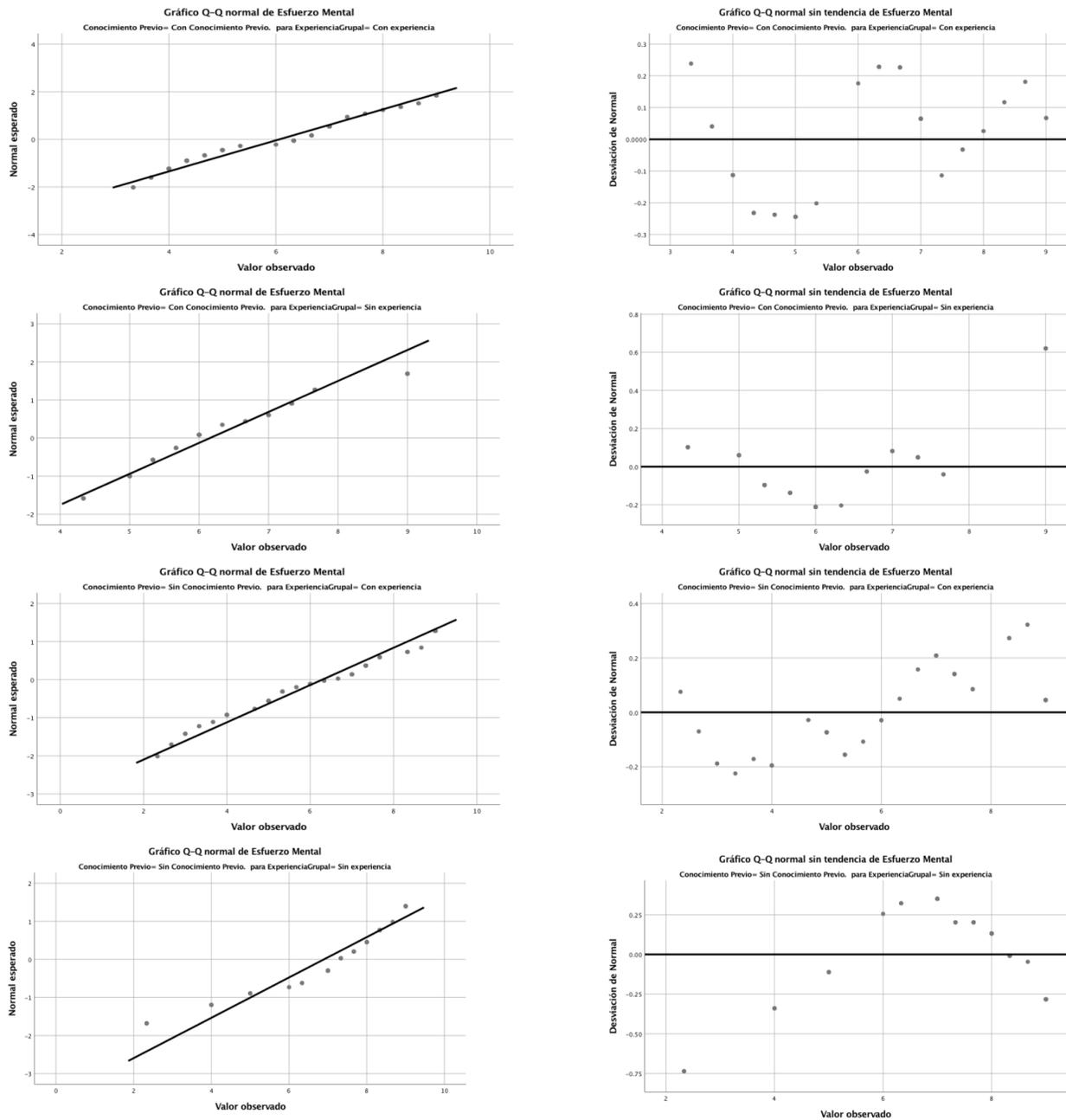


Figura 30. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Resultados

En lo que respecta al esfuerzo mental, se encontró que el efecto principal de la experiencia colaborativa previa no fue significativo, $F(1, 170) = 1.821, p = .179, \eta_p^2 = .011$ (Grupos con experiencia colaborativa previa: $M = 6.17, DE = 1.80$. Sin experiencia colaborativa previa: $M = 6.52, DE = 1.62$. Diferencia de medias de .349). A diferencia de lo hallado en el experimento 1, en este segundo experimento el efecto principal del conocimiento previo no fue significativo, $F(1, 170) = 3.473, p = .064, \eta_p^2 = .020$ (Grupos con experiencia colaborativa previa: $M = 6.11, DE = 1.39$. Sin experiencia colaborativa previa: $M = 6.50, DE = 1.98$. Diferencia de medias de .481).

Finalmente, en contra de lo planteado en las hipótesis 8 y 11, la interacción entre ambas variables independientes no resultó estadísticamente significativa, $F(1, 170) = 1.015, p = .315, \eta_p^2 = .006$. De hecho, las comparaciones realizadas usando la prueba de Bonferroni pusieron de manifiesto que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos no existía una diferencia significativa en la percepción de esfuerzo mental entre los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = 6.29, DE = 2.04$) y aquellos sin experiencia colaborativa previa ($M = 6.90, DE = 1.89$. Diferencia de medias .609, $F(1, 170) = 2.746, p = .099, \eta_p^2 = .016$). Esto mismo se encontró cuando los estudiantes tenían conocimientos previos: no existía una diferencia significativa entre los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = 6.07, DE = 1.54$) y sin experiencia colaborativa previa ($M = 6.16, DE = 1.23$, diferencia de medias .088), $F(1, 170) = 0.59, p = .808, \eta_p^2 = .000$ (ver Figura 31).

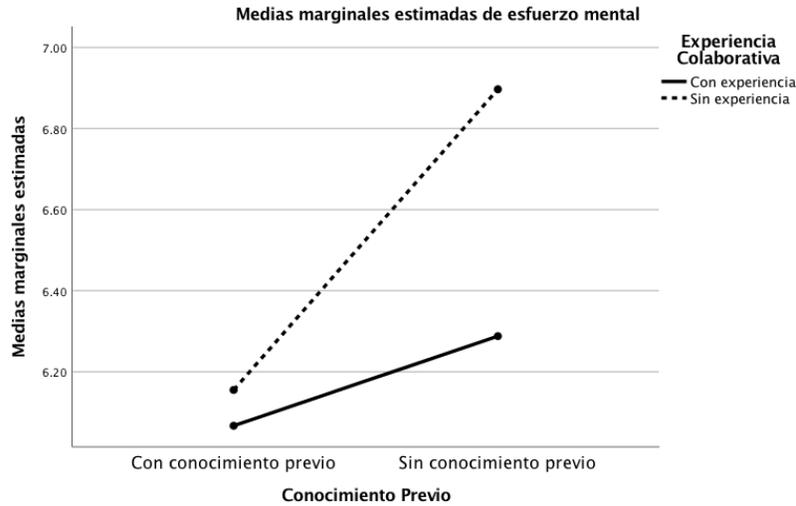


Figura 31. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable esfuerzo mental en la fase de aprendizaje.

Eficiencia

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, se encontró que solamente una de las cuatro condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo-con experiencia colaborativa previa), presentó puntuaciones z absolutas con un valor de asimetría menor a 0.50, lo cual es un indicador de que esta es la única condición en la que la distribución de los datos se ajusta a la normal. Concretamente, dos condiciones presentaron una asimetría positiva (sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa y sin experiencia colaborativa) y una (con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa) mostró una asimetría negativa (Tabla 10 y Figura 32). Por otra parte, en todas las condiciones, excepto la condición sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa, se obtuvo un curtosis superior a ± 0.50 , indicando que las distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. Específicamente, en la condición con conocimiento previo-con experiencia colaborativa la distribución fue platicúrtica, y en las condiciones con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa y sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa las distribuciones fueron leptocúrticas (Tabla 10 y Figura 32). Al dividir la asimetría y la curtosis entre el error estándar se obtuvieron sólo valores superiores a 1.96 (Kim, 2013), indicando que la mayoría de las condiciones no cumplieron este supuesto de normalidad.

Tabla 10

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Eficiencia en la Fase de Aprendizaje

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	.274	.354	0.77	-.594	.695	-0.85	.959	45	.112
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-1.027	.361	-2.84	.620	.709	0.87	.899	43	.001
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	.541	.357	1.51	.936	.702	1.33	.945	44	.035
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	.787	.365	2.15	-.354	.717	-0.49	.897	42	.001

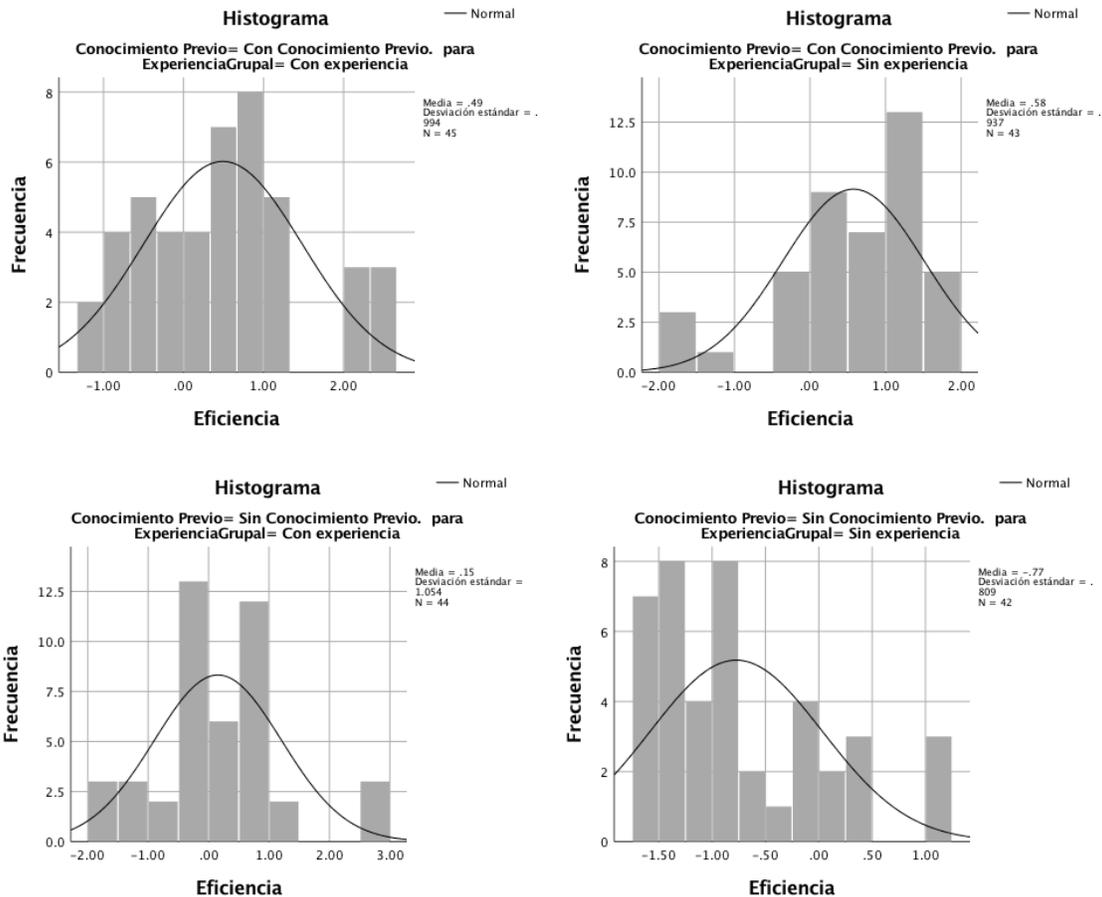
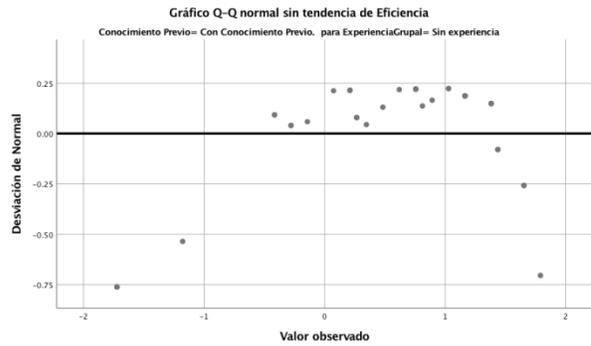
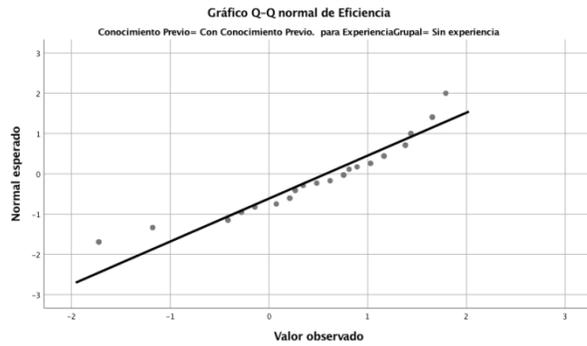
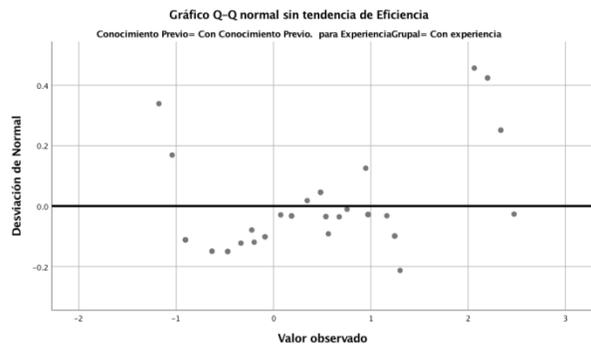
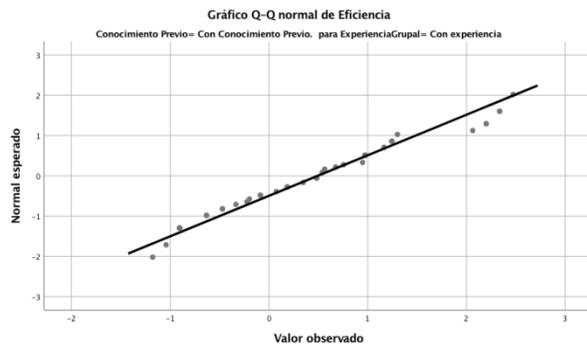


Figura 32. Histogramas con curva normal de la variable eficiencia en la fase de aprendizaje.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que solamente la condición de conocimiento previo con experiencia colaborativa satisface el supuesto de normalidad (Tabla 10). Indicaciones del incumplimiento del supuesto de normalidad también las aportan los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 33), cuya observación revela desviaciones de la normal en las cuatro condiciones experimentales. Cabe indicar que el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales tiene poca incidencia sobre la prueba F (Balluerka Lasa y Vergara Iraeta, 2002).



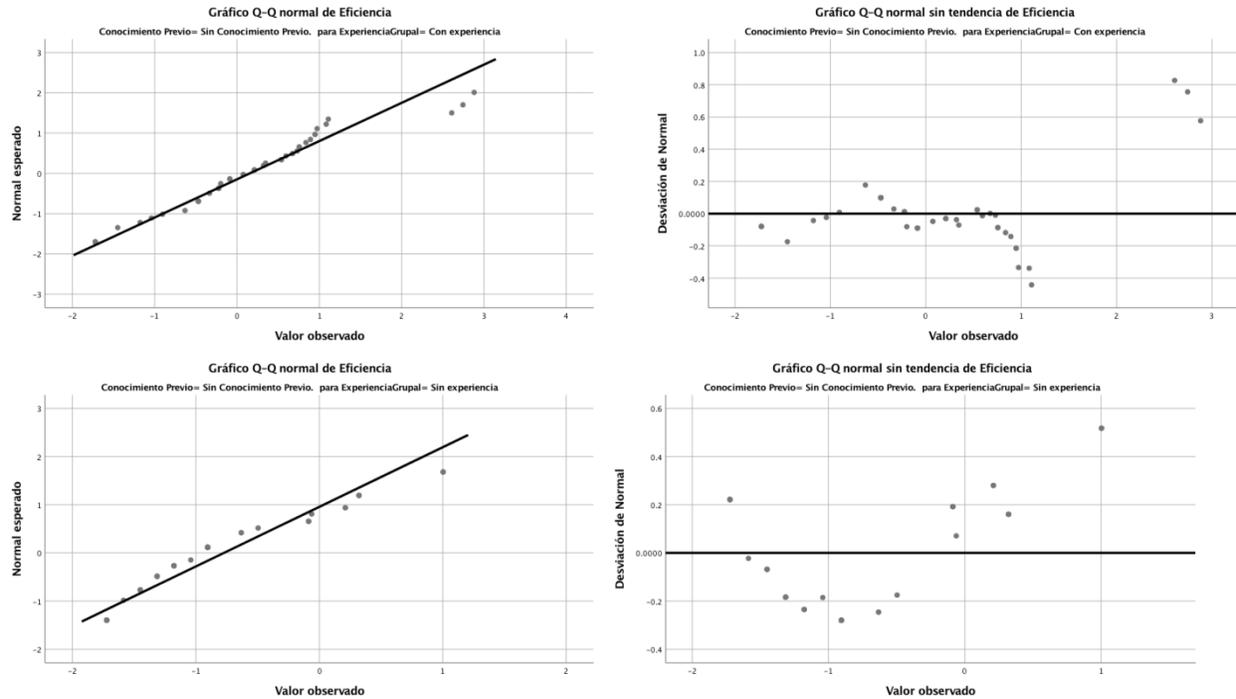


Figura 33. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de aprendizaje.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas en la condición con conocimiento previo, $F(1, 86) = .194, p = .660$, así como en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 84) = 1.142, p = .288$.

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) fue de .80 el cual está debajo del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), incumplándose así este supuesto.

Resultados

Sobre la eficiencia cognitiva, el efecto principal de la experiencia colaborativa previa fue significativo, $F(1, 170) = 8.491, p = .004$, con un tamaño del efecto pequeño, explicando el 4.8% de la varianza de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .048$, y evidenciando que los grupos con experiencia colaborativa ($M = .32, DE = 1.03$) fueron más eficientes que los grupos sin experiencia colaborativa ($M = -.09, DE = 1.10$) con una diferencia de medias de .422.

El efecto principal del conocimiento previo también fue significativo, $F(1, 170) = 33.931, p = .000$. Esta variable tuvo un efecto grande y explicó el 16.6% de la varianza observada de la variable eficiencia, $\eta_p^2 = .166$; hallándose que, al igual que lo observado en el experimento 1, los estudiantes con conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje ($M = .53, DE = .96$) fueron más eficientes que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = -.30, DE = 1.05$) con una diferencia de medias de .844.

La interacción entre ambas variables independientes también resultó significativa, $F(1, 170) = 12.202, p = .001$, indicando un tamaño de efecto mediano el cual explicó el 6.7% de la variabilidad de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .067$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que cuando los grupos se componen de estudiantes que son novatos, tal y como se esperaba en la hipótesis 9, los grupos con experiencia colaborativa ($M = .15, DE = 1.05$) fueron más eficientes que los que no tenían experiencia colaborativa previa ($M = -.77, DE = .81$), con una diferencia de medias de .928, $F(1, 170) = 20.292, p < .001, \eta_p^2 = .107$. Sin embargo, en contra de lo planteado en la hipótesis 12, cuando los grupos se componen de estudiantes con conocimientos previos, no existe diferencia significativa entre grupos con ($M = .49, DE = .99$) y sin experiencia colaborativa previa ($M = .58, DE = .94$), con diferencia de medias = $-.084, F(1, 170) = .170, p = .681, \eta_p^2 = .001$ (ver Figura 34).

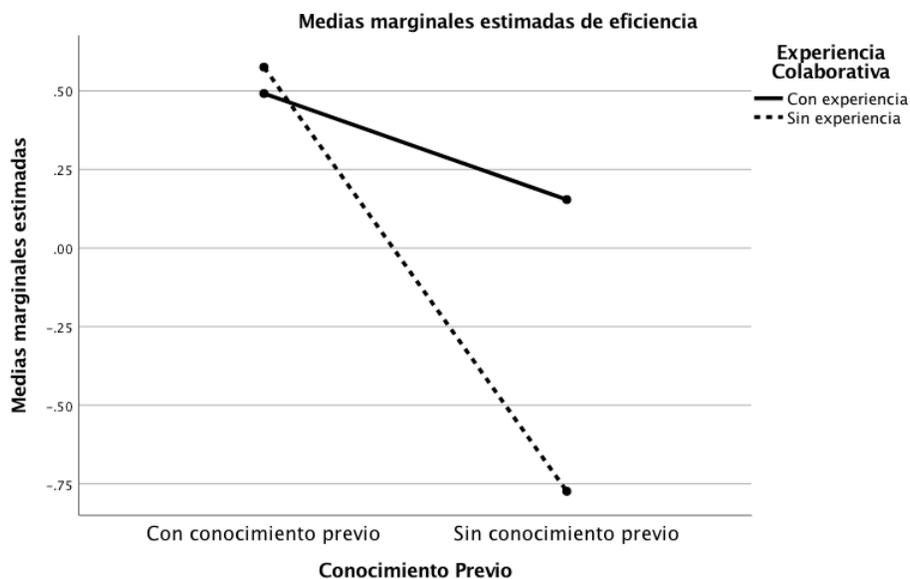


Figura 34. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable eficiencia en la fase de aprendizaje.

En resumen, los resultados obtenidos en el segundo experimento pusieron de manifiesto que en la fase de aprendizaje la variable que explicó en mayor medida las variables dependientes consideradas fue el conocimiento previo que se tenía sobre la tarea de aprendizaje. En este sentido, esta variable incidió significativamente sobre el desempeño y la eficiencia, de forma que, al igual que se halló en el primer experimento, aquellos que tenían conocimientos previos obtuvieron un desempeño significativamente superior que quienes no lo tenían y fueron también más eficientes.

En segundo lugar, se constató un efecto principal de la experiencia colaborativa previa, el cual evidenció que los grupos que tuvieron experiencia colaborativa previa presentaron un desempeño y una eficiencia significativamente mayores que quienes no tuvieron experiencia colaborativa previa. Sin embargo, esta variable no afectó significativamente al esfuerzo mental percibido.

Por último, se encontró que en el caso del desempeño y de la eficiencia el efecto principal de la experiencia colaborativa previa cambiaba significativamente en función del conocimiento previo de los participantes, de forma que, tal y como se esperaba, cuando los estudiantes no tenían conocimiento previo de la tarea de aprendizaje, contar con experiencia colaborativa previa provocó un desempeño y una eficiencia mayor que no contar con experiencia colaborativa previa.

A diferencia de lo hallado para los participantes que no tenían conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje, cuando los alumnos sí tenían este conocimiento previo, ni el desempeño, ni la eficiencia variaron significativamente en función de si los grupos tenían o no experiencia colaborativa previa. Estos resultados se constituyen en evidencia en contra de lo hipotetizado según lo cual, cuando los estudiantes son avanzados, la ventaja de poder transferir las estructuras de conocimiento de trabajo compartido es redundante para los grupos con experiencia colaborativa previa, en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa, por lo cual los primeros obtienen un menor desempeño (H10) y son menos eficientes (H12), que los grupos sin experiencia colaborativa previa.

Fase de Retención

Desempeño

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, se encontró que solo en una de las condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa), la distribución de los datos respecto a las puntuaciones *z* absolutas presentó una asimetría mayor a ± 0.50 , lo cual es un indicador de que dicha distribución no se ajusta a la normal, presentando una asimetría negativa indicativa de que los datos se agruparon hacia los valores altos de la variable (Tabla 11 y Figura 35). Sobre la curtosis, tres condiciones (i.e., sin conocimientos previos, con y sin experiencia colaborativa, y con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa) obtuvieron un valor absoluto mayor a ± 0.50 , indicando que las distribuciones no se ajustan a una distribución gaussiana. Específicamente, la distribución de la condición con conocimientos previos-sin experiencia colaborativa fue leptocúrtica; mientras que las restantes condiciones fueron platicúrticas (Tabla 11 y Figura 35). La división de la asimetría y la curtosis entre el error estándar mostró que solamente una condición tuvo un valor superior a 1.96 (Kim, 2013), lo cual sugiere que la gran mayoría de las condiciones cumplieron el supuesto de normalidad.

Tabla 11

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Desempeño en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.464	.365	-1.27	-.117	.717	-0.16	.929	42	.012
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-1.317	.365	-3.61	.639	.717	0.89	.713	42	.000
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	.192	.365	0.52	-.689	.717	-0.96	.958	42	.129
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-.021	.365	-0.05	-.899	.717	-1.25	.942	42	.034

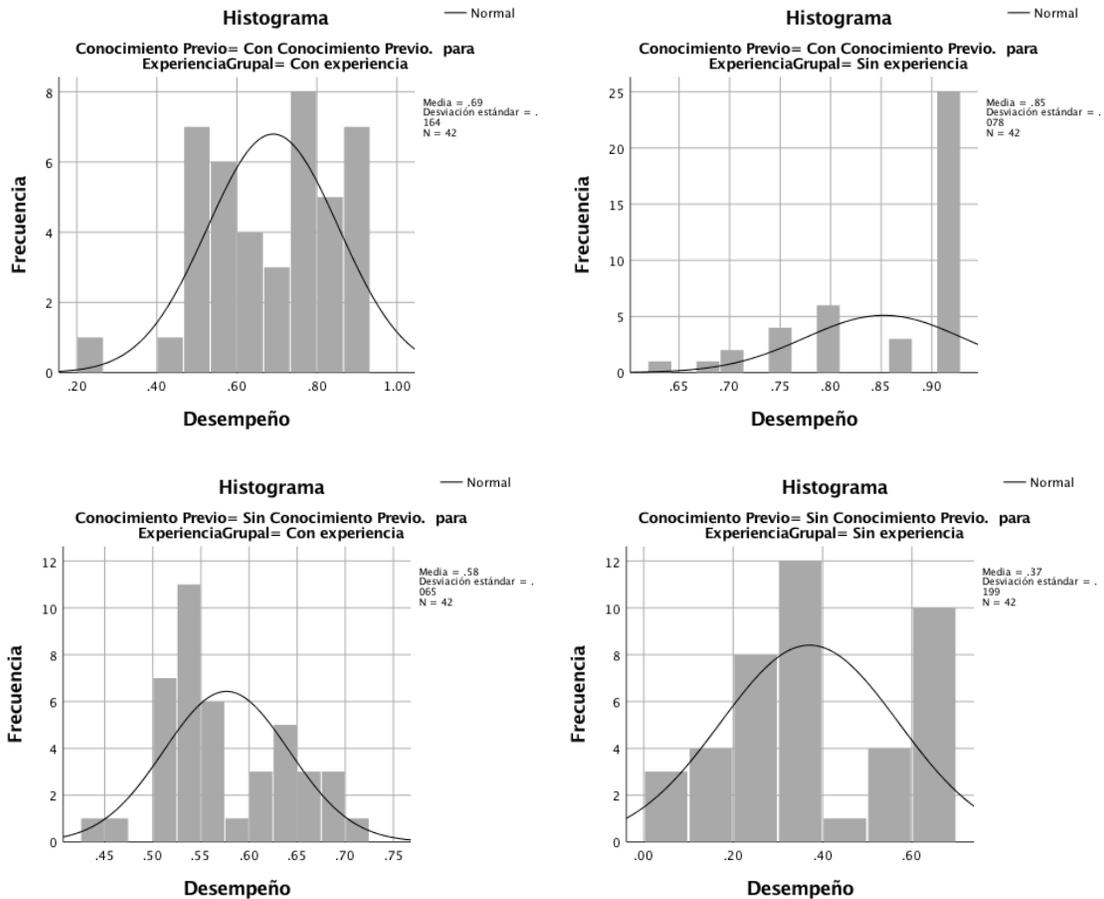


Figura 35. Histogramas con curva normal de la variable desempeño en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que tres condiciones experimentales (i.e., con conocimiento previo, con y sin experiencia colaborativa previa, y sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa) no satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 11). El incumplimiento del supuesto de normalidad en estas tres condiciones también se puede corroborar observando los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 36). Ahora bien, como se indicó al inicio de la sección de los resultados, el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales tiene poca incidencia sobre la prueba F (Balluerka Lasa y Vergara Iraeta, 2002).

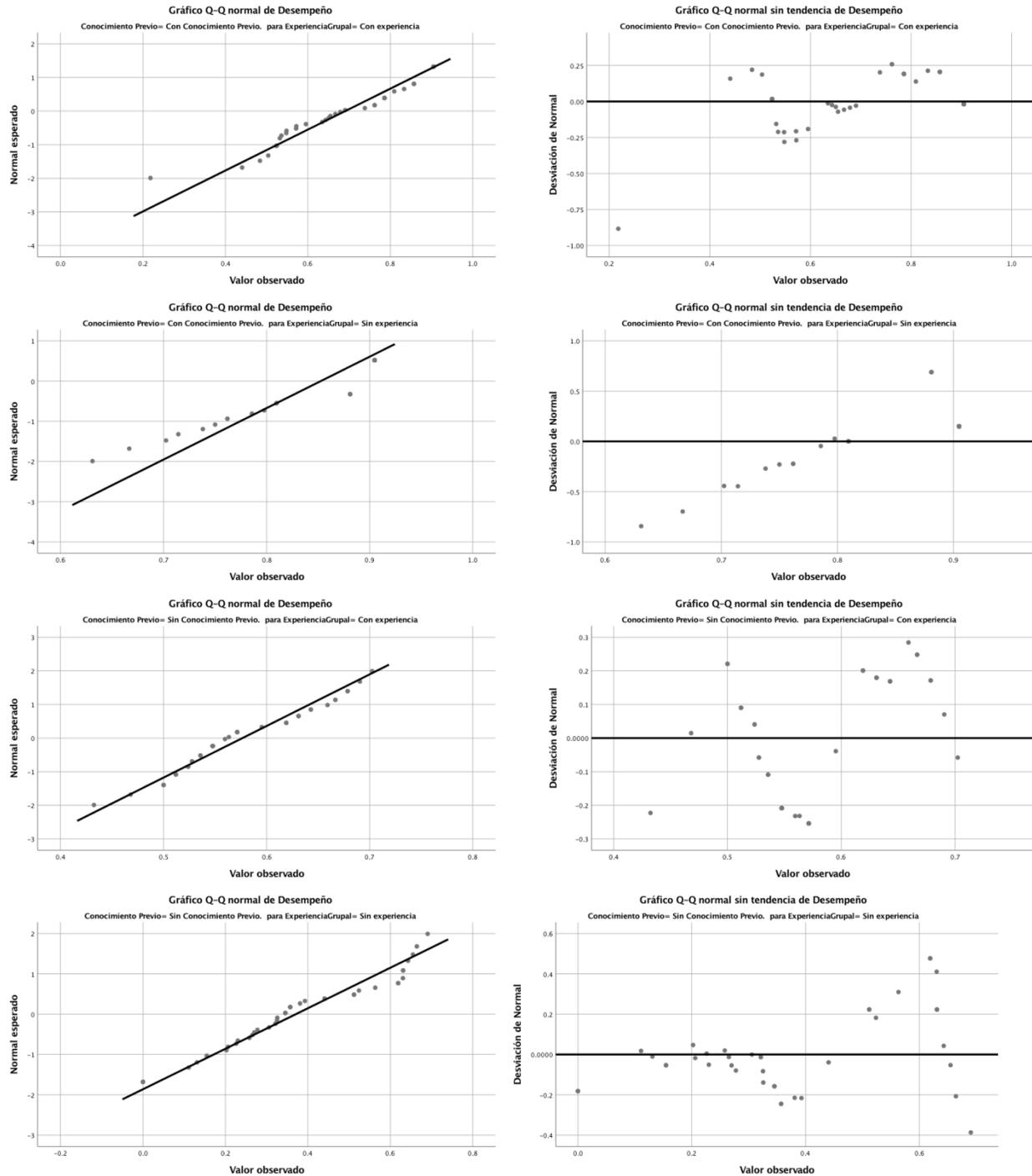


Figura 36. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error no fueron homogéneas ni en la condición con conocimiento previo, $F(1, 82) = 25.870, p = .000$ ni en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 82) = 36.925, p = .000$. No obstante, el

incumplimiento de este supuesto no incide en el contraste de F ya la cantidad de participantes en cada una de las condiciones era igual (Balluerka Lasa & Vergara Iraeta, 2002; Silva-Rodríguez, 1992).

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el valor del estadístico Durbin-Watson (1951) obtenido (1.12) está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

En lo que respecta al desempeño, a diferencia de lo observado en la fase de aprendizaje, en la de retención se encontró que el efecto principal de la experiencia colaborativa previa no resultó estadísticamente significativo, $F(1, 164) = 1.033$, $p = .311$, $\eta_p^2 = .006$ (Grupos con experiencia colaborativa, $M = .64$, $DE = .14$. Sin experiencia colaborativa, $M = .61$, $DE = .29$), con una diferencia de medias de .022. Sin embargo, el efecto principal del conocimiento previo fue significativo, $F(1, 164) = 193.387$, $p = .000$, con un tamaño del efecto sustancialmente grande, explicando el 54.1% de la varianza en la variable desempeño, $\eta_p^2 = .541$. Al igual que en el experimento 1 y en la fase de aprendizaje del presente experimento, este efecto principal puso de manifiesto que los grupos de estudiantes con conocimientos previos ($M = .77$, $DE = .15$) tuvieron un desempeño superior a los grupos de estudiantes sin conocimientos previos ($M = .47$, $DE = .18$) con diferencia de medias de .298.

La interacción entre la experiencia colaborativa y el conocimiento previo fue significativa, $F(1, 164) = 73.718$, $p = .000$, con un tamaño del efecto grande, dando cuenta del 31% de la variabilidad observada en la variable dependiente, $\eta_p^2 = .310$. La prueba Bonferroni mostró que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje, tal y como se esperaba (H7), los grupos con experiencia colaborativa ($M = .58$, $DE = .07$) obtuvieron un desempeño más alto que los grupos sin experiencia colaborativa previa ($M = .37$, $DE = .20$), con una diferencia de medias = .206. $p = .000$, $\eta_p^2 = .219$. Por el contrario, y tal y como se planteó en la hipótesis 10, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, el desempeño de los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = .69$, $DE = .16$) fue significativamente más bajo que el

desempeño de los grupos sin experiencia colaborativa ($M = .85$. $DE = .08$), con una diferencia de medias de $-.162$. $p = .000$, $\eta_p^2 = .149$ (ver Figura 37).

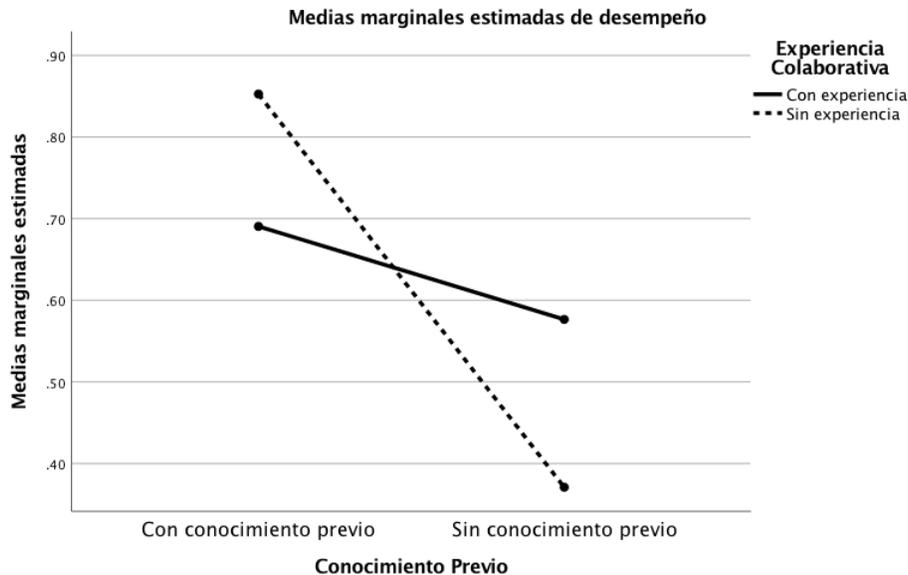


Figura 37. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable desempeño en la fase de retención.

Esfuerzo mental percibido

Cumplimiento de supuestos

Con respecto al supuesto de *normalidad*, se encontró que en las condiciones experimentales con conocimiento previo-con experiencia colaborativa, y sin conocimiento previo con y sin experiencia colaborativa la distribución de los datos respecto a las puntuaciones z absolutas presentó una asimetría superior a ± 0.50 , lo cual es un indicador de las distribuciones no se ajustan a la normal. En los tres casos la asimetría fue negativa sugiriendo que los datos se agruparon hacia los valores altos de la variable (Tabla 12 y Figura 38). Por otra parte, sobre la curtosis, para las condiciones con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa y sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa se obtuvo un valor superior a 0.50 , indicando que su distribución no se ajusta a una distribución gaussiana. En ambas condiciones las distribuciones fueron leptocúrticas (Tabla 12 y Figura 38). La división de la asimetría y la curtosis entre el error

estándar mostró que cuatro de los valores obtenidos fueron superiores a 1.96 (Kim, 2013), es decir, solamente la mitad de las condiciones cumplió este criterio de normalidad.

Tabla 12

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Esfuerzo Mental en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad.	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.841	.365	-2.30	.456	.717	1.96	.937	42	.022
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-.271	.365	-0.74	.559	.717	0.77	.976	42	.527
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	-.957	.365	-2.62	.061	.717	0.08	.880	42	.000
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-1.430	.365	-3.91	1.927	.717	2.68	.853	42	.000

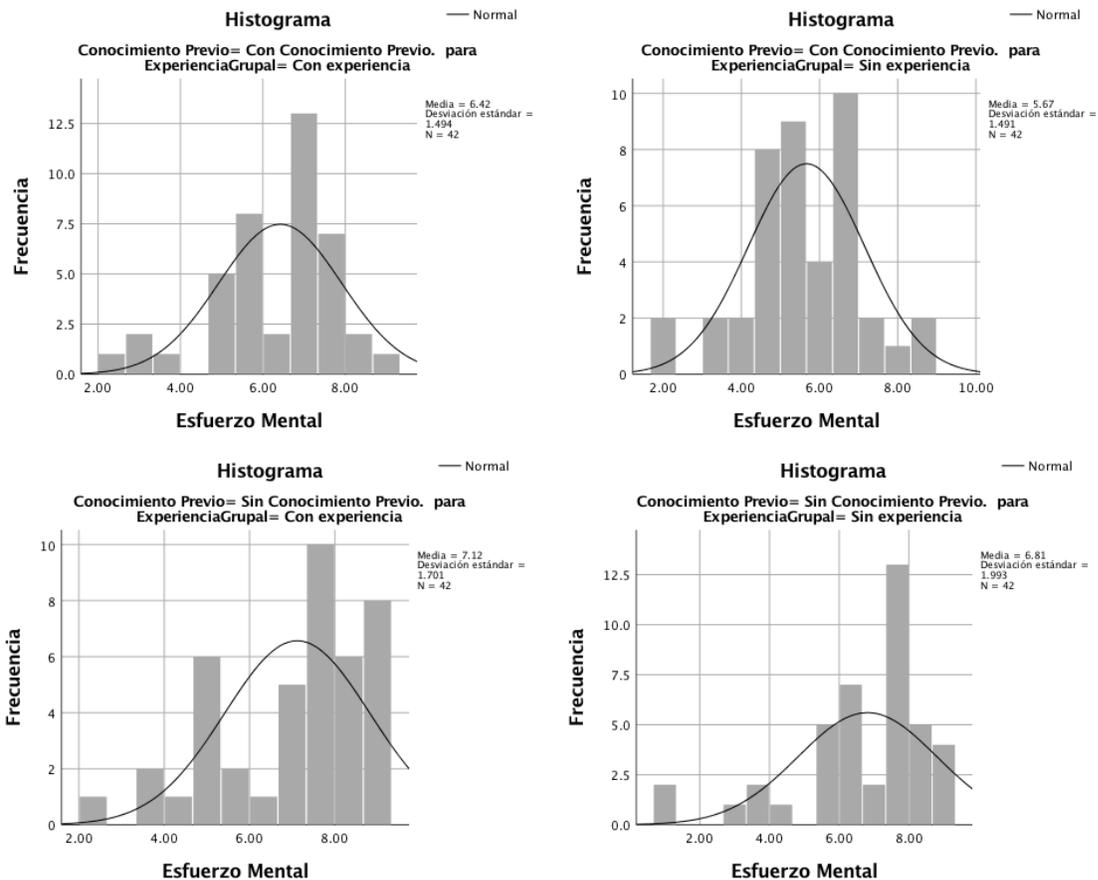
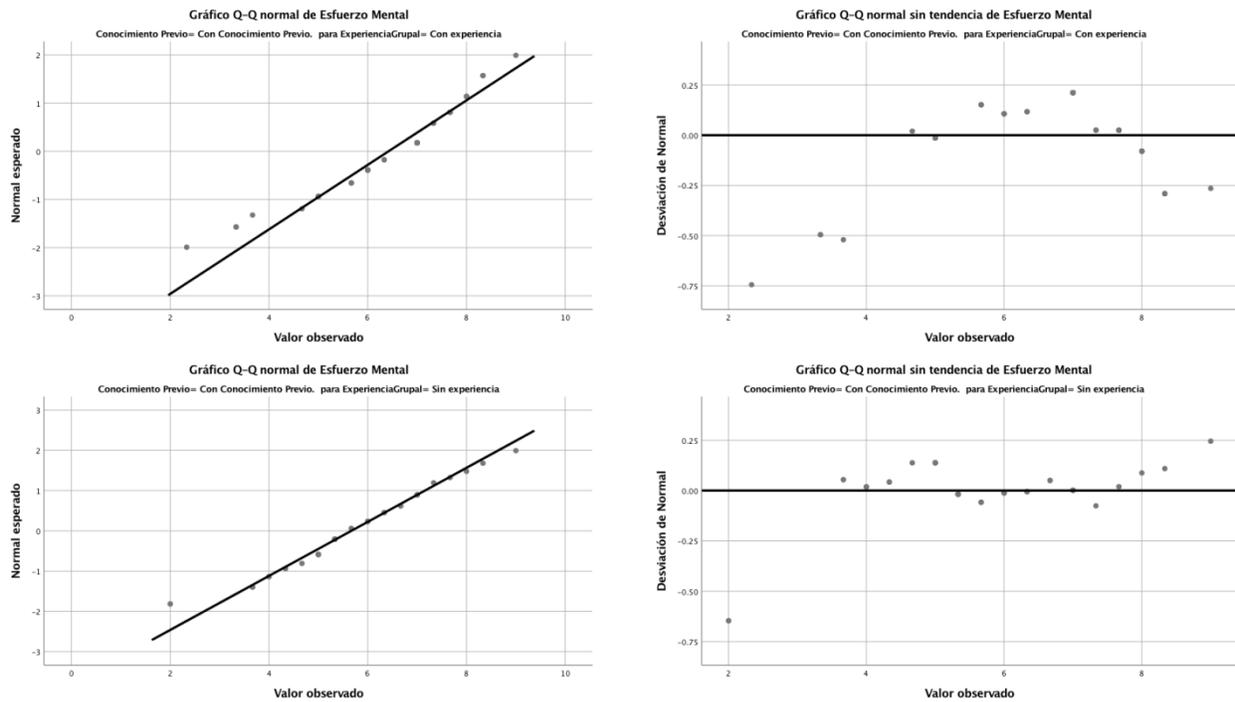


Figura 38. Histogramas con curva normal de la variable esfuerzo mental en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk sugieren que la mayoría de las condiciones experimentales no satisfacen el supuesto de normalidad (Tabla 12). Solamente la condición con conocimiento previo-sin experiencia colaborativa cumplió. Los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 39) también revelaron desviaciones de la normal en las cuatro condiciones experimentales. Sin embargo, la prueba F es robusta ante el incumplimiento del supuesto de normalidad en algunas de las condiciones experimentales (Balluerka Lasa y Vergara Iraeta, 2002).



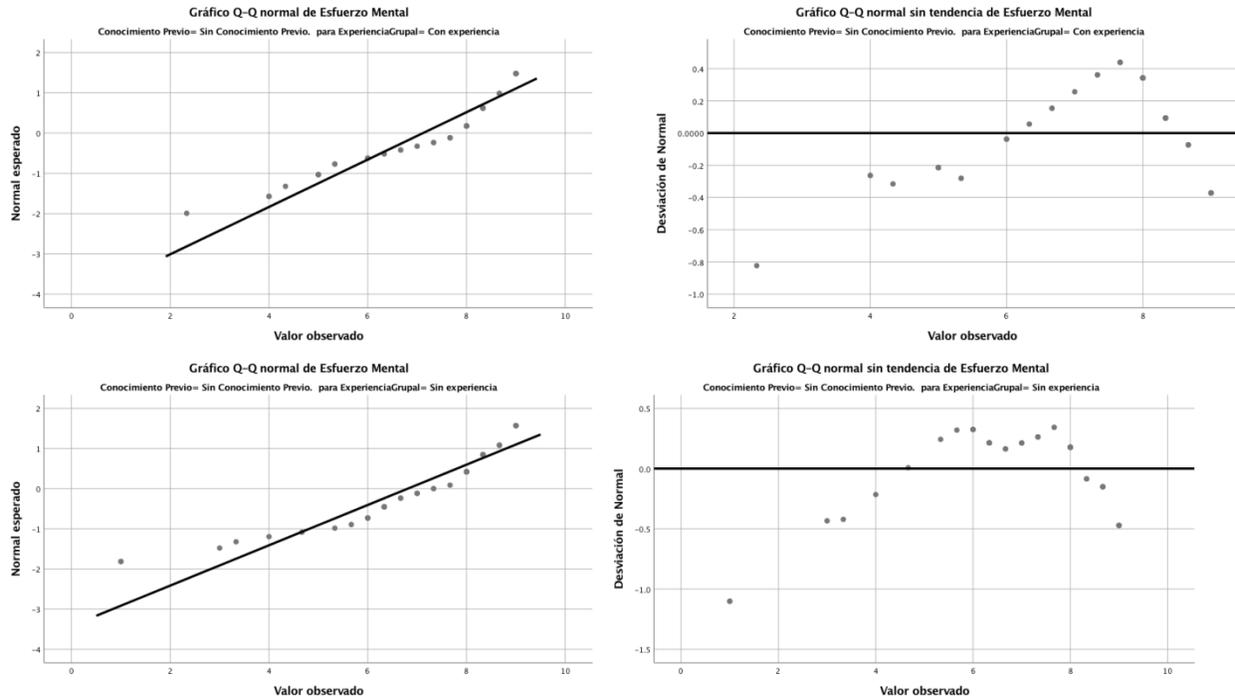


Figura 39. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

Sobre el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto en la condición con conocimiento previo, $F(1, 82) = .056, p = .813$, como en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 82) = .107, p = .745$.

Finalmente, en cuanto al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) dio como resultado 1.73, estando dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

Concerniente al esfuerzo mental, a diferencia de lo hallado en la fase de aprendizaje, en la de retención sí hubo una diferencia significativa en función de la experiencia colaborativa previa, $F(1, 164) = 4.195, p = .042$. Esta variable independiente tuvo un tamaño del efecto pequeño y explicó el 2.5% de la variabilidad de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .025$; constatándose que los grupos con experiencia colaborativa ($M = 6.77, DE = 1.63$) percibieron más esfuerzo mental que

los grupos sin experiencia colaborativa ($M = 6.24$, $DE = 1.84$), con una diferencia de medias de .532.

El efecto principal del conocimiento previo también fue significativo, $F(1, 164) = 12.576$, $p = .001$, con un tamaño del efecto mediano, dando cuenta del 7.1% de la variabilidad de la variable dependiente, $\eta_p^2 = .071$. Este efecto principal evidenció que los grupos de alumnos con conocimientos previos ($M = 6.04$, $DE = 1.53$) percibieron menos esfuerzo mental que los estudiantes sin conocimientos previos ($M = 6.96$, $DE = 1.85$) con una diferencia de medias de $-.921$.

Nuevamente, en la fase de retención, la interacción entre experiencia colaborativa previa y conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje no fue significativa, $F(1, 164) = .733$, $p = .393$, $\eta_p^2 = .004$. Sin embargo, a fin de evaluar con más detalle las hipótesis 8 y 11, se examinaron las comparaciones de esta interacción usando a prueba de Bonferroni. Se encontró que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, en contra de lo esperado en la hipótesis 8, no existía una diferencia significativa en la percepción de esfuerzo mental entre los grupos con experiencia colaborativa previa ($M = 7.12$, $DE = 1.70$) y sin experiencia colaborativa previa ($M = 6.81$, $DE = 1.99$). Diferencia de medias .310, $F(1, 1164) = .711$, $p = .40$, $\eta_p^2 = .004$). Además, conforme a lo esperado en la hipótesis 11, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, los grupos con experiencia colaborativa ($M = 6.42$, $DE = 1.49$) percibieron mayor esfuerzo mental que los grupos sin experiencia colaborativa previa ($M = 5.67$, $DE = 1.49$) con una diferencia de medias .754, $F(1, 164) = 4.217$, $p = .042$, $\eta_p^2 = .025$ (ver Figura 40).

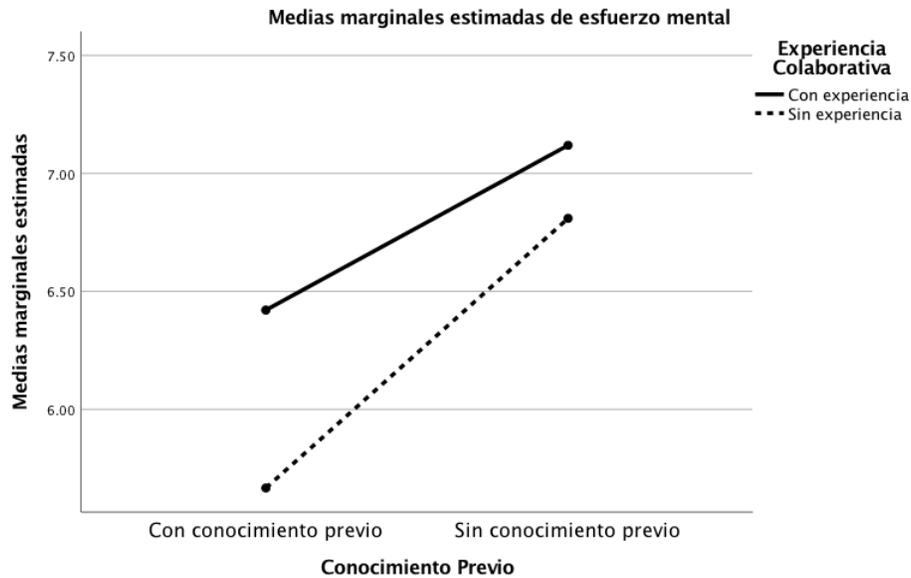


Figura 40. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable esfuerzo mental en la fase de retención.

Eficiencia

Cumplimiento de supuestos

Concerniente al supuesto de *normalidad*, solo en una de las cuatro condiciones experimentales (i.e., sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa), su puntuaciones z absoluta presentaron una asimetría mayor a 0.50, lo cual es un indicador de que dicha distribución no se ajusta a la normal, presentando una asimetría positiva indicativa de que los datos se agruparon hacia los valores bajos de la variable (Tabla 13 y Figura 41). Asimismo, solo una condición, i.e., sin conocimiento previo-sin experiencia colaborativa, obtuvo un curtosis superior a ± 0.50 , indicando que su distribución no se ajusta a una distribución gaussiana. Específicamente, en esta condición la distribución fue platicúrtica (Tabla 13 y Figura 41). La división de la asimetría y la curtosis entre el error estándar mostró que solamente la condición sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa previa obtuvo un valor mayor a 1.96 (Kim, 2013). Casi la totalidad de los casos cumplieron este criterio de normalidad.

Tabla 13

Valores de los Estadísticos Obtenidos para Evaluar la Forma de la Distribución de los Datos en Cada Una de las Condiciones Experimentales y el Supuesto de Normalidad para la Variable Eficiencia en la Fase de Retención

	Asimetría			Curtosis			Shapiro-Wilk		
	Estad.	DE	z	Estad.	DE	z	Estad	gl	p
Con conocimiento previo, con experiencia colaborativa	.192	.365	0.52	.028	.717	0.03	.986	42	.870
Con conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	-.143	.365	-0.39	.196	.717	0.27	.976	42	.510
Sin conocimiento previo, con experiencia colaborativa	1.017	.365	2.78	.326	.717	0.45	.889	42	.001
Sin conocimiento previo, sin experiencia colaborativa	.226	.365	0.61	-.802	.717	-1.11	.963	42	.195

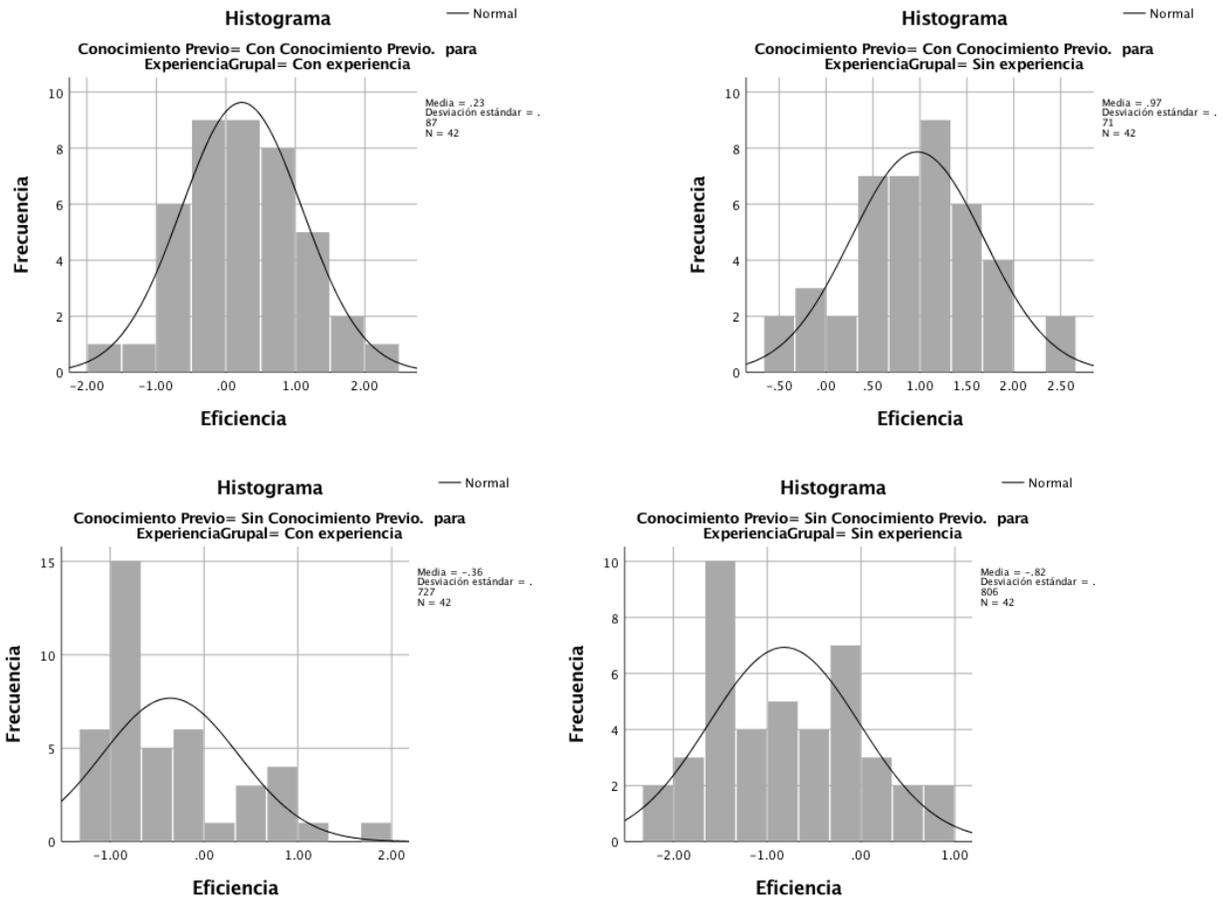


Figura 41. Histogramas con curva normal de la variable eficiencia en la fase de retención.

Los valores obtenidos en la prueba de Shapiro-Wilk mostraron que solamente la condición sin conocimiento previo-con experiencia colaborativa no satisfizo el supuesto de normalidad (Tabla 13). Ahora bien, los gráficos Q-Q con tendencia y Q-Q sin tendencia (Figura 42) muestran desviaciones de la normal en las cuatro condiciones experimentales.

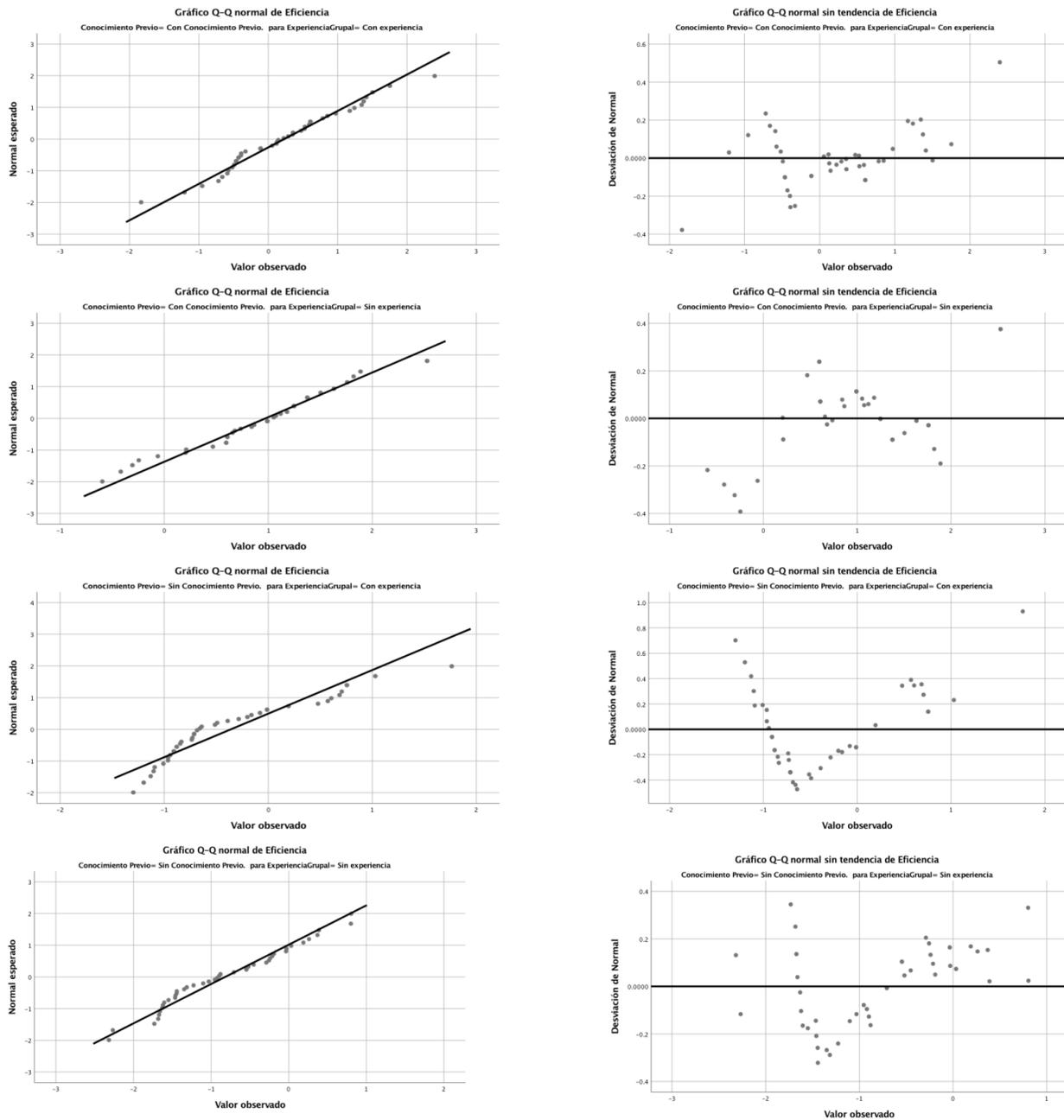


Figura 42. Gráficos Q-Q con tendencia y sin tendencia para cada una de las condiciones experimentales en la fase de retención.

En relación con el supuesto de *homocedasticidad*, la prueba de Levene indicó que las varianzas de error fueron homogéneas tanto en la condición con conocimiento previo, $F(1, 82) = 2.012, p = .160$, como en la condición sin conocimiento previo, $F(1, 82) = .954, p = .332$. Estos datos indican que se cumple este supuesto.

Por último, en lo que respecta al supuesto de *independencia de los errores*, el estadístico Durbin-Watson (1951) resultó en un valor de 1.63 el cual está dentro del valor conservador de 1 a 3 (Field, 2017), cumpliéndose así este supuesto.

Resultados

Con respecto a la eficiencia cognitiva, a diferencia de lo observado en la fase de aprendizaje, en la de retención el efecto principal de la experiencia colaborativa no resultó significativo, $F(1, 164) = 1.409, p = .237, \eta_p^2 = .009$ (Grupos con experiencia colaborativa: $M = -.07, DE = .85$. Grupos sin experiencia colaborativa: $M = .08, DE = 1.18$. Diferencia de medias de $.143$). Sin embargo, el efecto principal del conocimiento previo sí fue significativo, $F(1, 164) = 97.509, p = .000$, con un tamaño del efecto grande, explicando el 37.3% de la varianza, $\eta_p^2 = .373$. Al igual que en la fase de aprendizaje, este efecto principal mostró que los grupos de estudiantes con conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje ($M = .60, DE = .87$) fueron más eficientes que los grupos de estudiantes sin conocimientos previos ($M = -.59, DE = .80$) con una diferencia de medias de 1.190.

La interacción entre las dos variables independientes fue significativa, $F(1, 164) = 24.937, p = .000$, con un efecto mediano, dando cuenta del 13.2% de la variabilidad observada de la variable eficiencia, $\eta_p^2 = .132$. La prueba posterior de Bonferroni mostró que cuando los estudiantes no tenían conocimientos previos, tal y como se planteó en las hipótesis 9, los grupos con experiencia colaborativa ($M = -.36, DE = .73$) fueron más eficientes que los grupos sin experiencia colaborativa ($M = -.82, DE = .81$), con una diferencia de medias = $.459, F(1, 164) = 7.246, p = .008, \eta_p^2 = .042$. Por el contrario, cuando los estudiantes tenían conocimientos previos, como se había esperado (H12), los grupos con experiencia colaborativa ($M = .23, DE = .87$) resultaron ser menos eficientes que los grupos sin experiencia colaborativa ($M = .97, DE = .71$), con una diferencia de medias = $-.745, F(1, 164) = 19.100, p = .001, \eta_p^2 = .104$ (ver Figura 43).

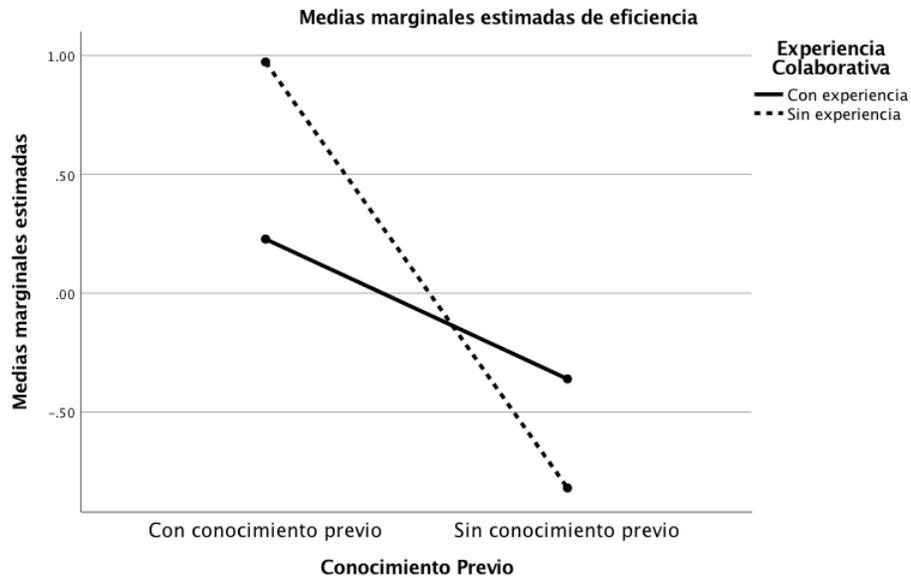


Figura 43. Interacción entre conocimiento previo y experiencia colaborativa previa para la variable eficiencia en la fase de retención.

En resumen, los resultados obtenidos en el segundo experimento evidenciaron que también que en la fase de retención la variable que explicó en mayor medida las variables dependientes consideradas fue el conocimiento previo que se tenía sobre la tarea de aprendizaje. En este sentido, esta variable incidió significativamente sobre el desempeño, el esfuerzo mental percibido, y la eficiencia, de forma que, al igual que se halló en el primer experimento, aquellos que tenían conocimientos previos obtuvieron un desempeño significativamente superior que quienes no lo tenían, siendo también más eficientes y reportando un menor esfuerzo mental.

En segundo lugar, a diferencia de lo encontrado en la fase de aprendizaje, en la de retención la experiencia colaborativa previa solamente incidió significativamente sobre el esfuerzo mental percibido, de forma que los grupos que tuvieron experiencia colaborativa previa consideraron que realizaron un mayor esfuerzo mental que quienes no tuvieron experiencia colaborativa previa.

Finalmente, se encontró que en el caso del desempeño y de la eficiencia el efecto principal de la experiencia colaborativa previa variaba significativamente en función del conocimiento previo de los participantes, de forma que, tal y como se planteó en las hipótesis 7 y 9, en la fase de retención se halló que cuando los estudiantes no tenían conocimiento previo de la tarea de

aprendizaje, contar con experiencia colaborativa previa provocó un desempeño y una eficiencia mayor que no contar con experiencia colaborativa previa.

A diferencia de lo hallado para los participantes que no tenían conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje, y en línea con lo esperado según las hipótesis 10 y 12, cuando los alumnos sí tenían este conocimiento previo, los grupos con experiencia colaborativa previa presentaron un desempeño y una eficiencia significativamente menor, en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa.

DISCUSIÓN

Discusión del Experimento 1

Considerando el impacto de la **condición social de aprendizaje**, en la condición de aprendizaje colaborativo (en grupo) usada en el presente estudio, los estudiantes recibieron guía explícita previa sobre cómo colaborar a través de tareas cuyas características eran generalizables a las de aprendizaje; es decir, todos los grupos tenían experiencia colaborativa previa. En estas condiciones y cuando la tarea es compleja, como es el caso de las tareas empleadas en el presente estudio, teóricamente los que aprenden en grupos tienen la ventaja, respecto a los que aprenden individualmente, de tener mayor capacidad de MT para manejar la carga cognitiva asociada a la tarea debido a su memoria colectiva de trabajo y a sus estructuras de conocimiento compartido sobre cómo trabajar en grupo. En consecuencia, se esperaría que fuese más efectivo y eficiente aprender tareas complejas en grupos (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b; Zhang et al., 2016; Zhang, Kalyuga, Lee, Lei, & Jiao, 2015).

Nuestros resultados son consistentes con la idea anterior cuando se considera el desempeño y la eficiencia medidas en la fase de aprendizaje, constatándose que los alumnos que aprendieron en grupos tuvieron en esta fase un desempeño y una eficiencia significativamente superiores que quienes aprendieron individualmente. Ahora bien, la ventaja de haber aprendido en grupo no se constató al evaluar el desempeño y la eficacia en la fase de retención.

Esta discrepancia puede estar relacionada con las diferencias que hubo entre el modo en que se evaluó el rendimiento en la fase de aprendizaje y en la de retención. En este sentido, si bien las tres tareas empleadas en ambas fases eran sobre el cálculo del punto de equilibrio, en la fase de aprendizaje el desempeño se evaluó sobre la base de si la respuesta final dada a cada uno de los problemas era correcta o incorrecta, y en la condición de aprendizaje grupal los problemas fueron resueltos en grupo. A diferencia de esto, en la fase de retención se evaluó la adecuación de las respuestas dadas a cada uno de los siete pasos involucrados en la resolución de cada uno de los problemas, evaluándose así el proceso de solución y no solamente la respuesta final. Además, en

esta fase los problemas fueron resueltos individualmente, con independencia de si se había aprendido en grupo o individualmente.

Por otra parte, los resultados revelaron que un factor crucial lo constituye el nivel de **conocimiento previo** que los estudiantes tienen sobre la tarea de aprendizaje. De hecho, la magnitud del efecto de esta variable fue considerablemente mayor que la magnitud del efecto de la condición social de aprendizaje. En este sentido, se encontró que, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, los estudiantes avanzados superaron en desempeño y eficacia a los estudiantes novatos; además, quienes tenían conocimiento de dominio específico reportaron haber experimentado menor esfuerzo mental que quienes no lo tenían. De esta forma, nuestros resultados sugieren que proveer a los estudiantes de esquemas relativamente parciales sobre la tarea de aprendizaje está asociado a una mayor eficiencia y eficacia que proveer experiencia colaborativa previa, y que el esfuerzo mental percibido se explica por la adquisición o ausencia de esquemas previos sobre la tarea de aprendizaje, más que por la condición social de aprendizaje.

Ahora bien, en este primer experimento se esperaba que el impacto de la condición social de aprendizaje cambiará en función del conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje; de forma que, **para quienes no tenían conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje**, se esperaba que los que aprendieran en grupo obtuviesen más alto desempeño (H1), reportasen más esfuerzo mental debido a la necesidad de transferir las estructuras colaborativas previas (H2), y fuesen más eficientes cognitivamente (H3), que los estudiantes que aprendieran individualmente.

Los resultados respaldaron las hipótesis 1 y 3, mostrando que, tanto en la fase de aprendizaje como en la fase de retención, los estudiantes que no tenían conocimiento previo de dominio específico y que aprendieron en grupos obtuvieron más alto desempeño y fueron más eficientes cognitivamente que los que aprendieron individualmente. Sin embargo, en cuanto al esfuerzo mental percibido, a diferencia de lo planteado en la hipótesis 2, en la fase de aprendizaje quienes aprendieron en grupos percibieron menor esfuerzo mental que quienes aprendieron individualmente; pero, en la fase de retención tanto los que aprendieron en grupo como los que lo hicieron individualmente percibieron haber realizado igual nivel de esfuerzo mental.

Concerniente a las hipótesis del estudio sobre el desempeño, como se esperaba, al parecer los grupos aprovecharon su preparación para aprender colaborativamente y su mayor capacidad de memoria de trabajo para procesar colectivamente las tareas complejas y construir mejores esquemas en la MLP. Haber tenido experiencia colaborativa en tareas análogas pudo ser una ventaja cognitiva ya que los grupos probablemente transfirieron los esquemas de trabajo colaborativo en las tareas de aprendizaje (Gick & Holyoak, 1980; Holyoak, 2012; Kalyuga, 2013a; D. J. Peterson & Wissman, 2018). Al parecer, los miembros de los grupos encontraron un ambiente de aprendizaje grupal familiar en términos de trabajo colectivo y del tipo de tarea colaborativa. Es decir, los estudiantes pudieron reconocer los elementos estructurales comunes entre las tareas colaborativas de la fase de preparación y de aprendizaje (i.e., principio de organización y conexión ambiental). La similitud de los elementos estructurales evocaron los esquemas de colaboración previamente aprendidos en la fase de preparación. Estos esquemas guiaron a los miembros de los grupos durante el proceso de aprendizaje, promoviendo actividades más enfocadas en las tareas (carga cognitiva intrínseca), y evitando interacciones no relacionadas con la tarea (carga cognitiva ajena). El costo de aprender colaborativamente, es decir, la carga cognitiva producida por las actividades transaccionales, se enfocó en intercambios intergrupales que fortalecieron la construcción mutua de mejores representaciones mentales de las tareas (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b). Las actividades transaccionales consumen los recursos espacio-temporales limitados de MT (Zambrano R. et al., 2018b). Sin embargo, al parecer estas actividades no aumentaron significativamente la carga cognitiva. Por el contrario, las actividades transaccionales permitieron a los grupos enfocar la capacidad y duración de la MT en acciones interindividuales que aliviaron la carga cognitiva de la tarea de aprendizaje. Los esquemas colaborativos ayudaron a distribuir la alta carga cognitiva de las tareas de aprendizaje en un reservorio cognitivo más grande (i.e., ventaja distributiva, F. Kirschner, Paas, & Kirschner, 2011) integrado por las MT individuales. Estas acciones produjeron la construcción de mejores esquemas de conocimiento específico sobre las tareas de aprendizaje.

Los estudiantes que aprendieron individualmente no tuvieron que invertir recursos cognitivos en actividades transaccionales (Zambrano R. et al., 2018b). Pero al parecer, las tareas de aprendizaje demandaron más recursos cognitivos de la MT dejando poca capacidad para adquirir esquemas

de conocimiento. Al parecer, los estudiantes que aprendieron individualmente requirieron mayor tiempo para procesar la información en la MT y almacenar las estructuras de conocimiento en la MLP (Puma, Matton, Paubel, & Tricot, 2018).

Con respecto al esfuerzo mental percibido, los resultados de la interacción de efectos no presentan evidencia significativa a favor de nuestra segunda hipótesis. Por el contrario, en la fase de aprendizaje los novatos que aprendieron en grupos reportaron menor esfuerzo mental que los estudiantes individuales, pero en la fase de retención grupos e individuos percibieron un esfuerzo mental equivalente.

Debido a que las tareas de aprendizaje fueron altamente complejas, se esperaba que los grupos percibieran más alta carga cognitiva debido a las actividades transaccionales. Además, ya que las tareas de la fase de retención fueron de igual nivel de complejidad, también se esperaba que quienes aprendieron en grupo, aunque tuviesen mejores esquemas de tarea, invirtieran más esfuerzo mental que los que aprendieron individualmente (carga cognitiva mayormente endógena causada por el procesamiento de esquemas en lugar de la información sensorial; Carruthers, 2015). Esta expectativa se basó en la premisa de que los estudiantes con mayores conocimientos relevantes pueden experimentar una carga cognitiva más alta cuando resuelven un problema altamente complejo que los estudiantes con menos conocimientos. Si no se cuenta con conocimientos previos, es más probable que los estudiantes no inviertan esfuerzo mental en resolver la tarea. Es decir, si los estudiantes que aprendieron individualmente adquirieron esquemas de tarea menos apropiados, el esfuerzo en las operaciones de las tareas pudo ser menor y por tanto experimentarían menos carga cognitiva.

El menor esfuerzo mental percibido por quienes aprendieron en grupo en la fase de aprendizaje quizás refleje la ventaja distributiva (F. Kirschner, Paas, & Kirschner, 2011); es decir, la ventaja asociada al hecho de que cada miembro del grupo tuvo que procesar menos elementos de información de la tarea. Mientras que, en la fase de retención, los estudiantes que aprendieron en grupos e individualmente reportaron igual nivel de esfuerzo mental debido a las iguales condiciones de procesamiento de todos los elementos de información de la tarea. Al parecer, en la fase de retención los estudiantes con mejores esquemas de conocimientos tuvieron un nivel de esfuerzo mental equivalente al de quienes tuvieron esquemas de menor calidad. Los estudiantes

con esquemas de menor calidad pudieron haber incurrido en procesamiento cognitivo aleatorio o basado en una estrategia de prueba y error (Sweller et al., 2011), lo cual también produjo carga cognitiva. Así, aunque el esfuerzo mental entre grupos e individuos novatos fue similar, los grupos obtuvieron mejor desempeño gracias a sus mejores estructuras de conocimientos. Las explicaciones alternativas tanto en la fase de aprendizaje como en la prueba de retención requieren investigaciones a profundidad para determinar las actividades individuales e inter-individuales relacionadas con el esfuerzo mental (Janssen et al., 2010).

Concerniente a la eficiencia cognitiva, los datos confirmaron nuestra expectativa (H3). Es decir, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, los que aprendieron en grupo fueron más eficientes que los que lo trabajaron individualmente. Aunque la percepción de esfuerzo mental fue significativa en dirección contraria a lo esperado en la fase de aprendizaje y no hubo diferencias en la fase de retención, el más alto desempeño de los grupos influyó significativamente la medición de la eficiencia. Esto sugiere, de forma general, que la mayor capacidad cognitiva de MT y las estructuras de colaboración adquiridas promovieron carga cognitiva relevante para el aprendizaje. Los grupos fueron más eficientes cognitivamente (i.e., mejor desempeño con menor o igual carga cognitiva) que los estudiantes individuales. La eficiencia se mantuvo en la fase de retención, lo cual también sugiere que los estudiantes almacenaron mejores esquemas de conocimiento específico en la MLP. Así, aprender individualmente tareas de alta complejidad resulta ser ineficiente cognitivamente. Los estudiantes individuales invierten sustancial esfuerzo mental como ocurre con los grupos, a pesar de no tener los costos cognitivos adicionales relacionados con las actividades transaccionales. Sin embargo, la carga cognitiva que impone la tarea, abruma la capacidad individual comprometiendo severamente el aprendizaje y la eficiencia en la prueba de retención.

En lo que respecta a las hipótesis planteadas para el caso de los **estudiantes con conocimientos previos** sobre la tarea de aprendizaje, se esperaba que si los estudiantes eran avanzados, la mayor capacidad de MT y la experiencia colaborativa de los grupos resultaría redundante causando carga cognitiva ajena. Por esto, se esperaba que quienes aprendiesen en grupo obtuviesen menor desempeño (H4), reportasen mayor esfuerzo mental (H5) y fuesen menos eficientes (H5), que los estudiantes que aprendieron individualmente.

Los resultados respaldaron las hipótesis 4, 5 y 6 en la fase de retención, encontrándose que los estudiantes avanzados que aprendieron en grupos tuvieron más bajo desempeño y fueron menos eficientes, que los estudiantes individuales, percibiendo además mayor esfuerzo mental. A diferencia de lo hallado en la fase de retención, en la fase de aprendizaje los resultados obtenidos discreparon de los esperados ya que no se encontró diferencias significativas entre quienes aprendieron en grupo e individualmente en ninguna de las tres variables dependientes estudiadas. Se requieren estudios cualitativos para comprender a profundidad este resultado.

Sobre el desempeño en la fase de retención, como se esperaba, los esquemas colectivos de trabajo conjunto y la mayor capacidad de memoria de trabajo de los grupos fue redundante lo cual perjudicó el desempeño. Es decir, los estudiantes que aprendieron individualmente obtuvieron más alto desempeño que los grupos con experiencia colaborativa previa. Cuando los estudiantes tienen conocimientos relevantes sobre la tarea de aprendizaje, estos conocimientos guían el proceso de aprendizaje (Sweller et al., 2011). La experiencia colaborativa previa en una tarea análoga también es una forma de guía cognitiva (Gick & Holyoak, 1983; Novick, 1988; Sweller et al., 2011). Por esto, tener estructuras de conocimientos tanto de cómo colaborar así como sobre la tarea de dominio específico pudo haber aumentado sustancialmente la necesidad coordinar las actividades cognitivas grupales con las actividades cognitivas previas de la tarea.

Las interacciones de coordinación que son propias del aprendizaje colaborativo resultaron en un efecto parcial de reversión de la experticia a nivel colaborativo (Blayney et al., 2010; Chen et al., 2016a; Kalyuga et al., 2003; Zhang et al., 2016; Zhang et al., 2015). El efecto de la experticia ha sido bastante estudiado en condiciones individuales de aprendizaje. Este efecto se enfoca en la interacción entre los conocimientos de las tareas por parte de los estudiantes y el diseño instruccional usado. En este estudio, debido a que los estudiantes recibieron conocimientos relevantes de la tarea de aprendizaje, se pudo observar una interacción disordinal (Chen et al., 2016a) donde los estudiantes más avanzados tuvieron bajo desempeño asociado a la condición de aprendizaje grupal en comparación con los estudiantes individuales.

Aunque el efecto de la reversión de la experticia se ha encontrado comparando estudiantes novatos con avanzados con condiciones iguales de aprendizaje (e.g., con ejemplos resueltos), los resultados de este estudio sugieren otro tipo de reversión de la experticia basado en la experiencia

colaborativa previa. Es decir, los estudiantes que aprendieron en grupo tuvieron que reconciliar sus esquemas de cómo colaborar con los esquemas sobre la tarea de aprendizaje. Así, la interacción entre los miembros del grupo fue innecesaria o redundante, ya que los estudiantes tuvieron esquemas relevantes para resolver los problemas de aprendizaje sin tener que colaborar con otros que tuvieron parte de la información para resolver la tarea. Por el contrario, los conocimientos relevantes previamente adquiridos por los estudiantes individuales fue suficiente para orientar las actividades cognitivas, experimentar carga cognitiva dentro de los límites de manejables por la MT y adquirir mejores representaciones mentales de la tarea en la MLP.

En relación con el esfuerzo mental, tanto los estudiantes que aprendieron en grupo como los que aprendieron individualmente experimentaron niveles equivalentes de carga cognitiva en la fase de aprendizaje; pero, como se planteó en la H5, en la fase de retención los que aprendieron individualmente reportaron menor esfuerzo mental.

Los resultados obtenidos en la fase de aprendizaje no apoyan nuestra predicción de que los grupos experimentarían más esfuerzo mental debido a la redundancia de tener estructuras de trabajo colaborativo y de la tarea específica. Esto sugiere que los recursos de MT usados en las tareas de aprendizaje fueron mayores precisamente por la redundancia de tener conocimientos sobre cómo colaborar y sobre la tarea de aprendizaje. Al parecer, durante el proceso de aprendizaje, los costos cognitivos relacionados con las actividades transaccionales fueron similares a los costos o carga cognitiva individual. Sin embargo, en la fase de retención, los estudiantes que aprendieron en grupo ya no tuvieron que invertir recursos de MT en actividades transaccionales pero reportaron mayor esfuerzo mental tal como se esperaba. Es decir, los estudiantes individuales con mejores esquemas de conocimiento sobre la tarea tuvieron estructuras de conocimientos previamente adquiridas que fueron suficientes para resolver apropiadamente las tareas con alta complejidad.

Los resultados de la fase de aprendizaje sugieren hacer más estudios para determinar los niveles de carga cognitiva (e.g., esfuerzo mental y/o dificultad de la tarea) durante la realización de actividades individuales e inter-individuales, y determinar la relación con las actividades cognitivas individuales durante la resolución de los problemas de retención (Janssen et al., 2010; Kalyuga & Plass, 2018).

Finalmente, con respecto a la eficiencia cognitiva, los datos confirman nuestra hipótesis en la fase de retención. Es decir, los estudiantes que tuvieron experiencia en trabajar en grupos fueron menos eficientes cognitivamente que quienes aprendieron individualmente. La percepción de mayor esfuerzo mental en los grupos que en los estudiantes individuales, sumado al más bajo desempeño de los grupos en la prueba de retención significó menor eficiencia cognitiva de quienes aprendieron en grupo que los aprendices individuales.

Esto sugiere que la capacidad cognitiva de MT más grande y las estructuras de colaboración adquiridas produjeron carga cognitiva ajena, perjudicando el aprendizaje de los miembros de los grupos cuando estos tenían conocimiento previo sobre la tarea. Ya que el cálculo de la eficiencia combina las mediciones de desempeño y esfuerzo mental, el resultado de la fase de retención indica que los estudiantes que trabajaron individualmente aprendieron más con menor carga cognitiva que los estudiantes que trabajaron en grupo. La ventaja de no experimentar el efecto de redundancia en la fase de aprendizaje se observó en las tareas de retención. Nuestros datos respaldan el supuesto que si los estudiantes tienen conocimientos previos de la tarea, no requieren colaboración para reducir la carga en la MT, ya que pueden encapsular los elementos de información de la tarea, lo cual en sí mismo reduce la cantidad de elementos a procesar en la MT. Esto permite tener capacidad de MT disponible para almacenar o construir mejores esquemas en la MLP, lo cual a su vez aumenta la eficiencia cognitiva.

Discusión del Experimento 2

En concordancia con lo hallado en el primer experimento, en este segundo experimento se confirmó la relevancia que tiene el conocimiento previo de dominio específico a la hora de comprender el desempeño y la eficiencia del aprendizaje. De hecho, las estructuras de conocimiento o esquemas relacionados con la tarea de aprendizaje explicó cuatro veces más el desempeño de los grupos durante el proceso de aprendizaje y más de la mitad del desempeño durante la fase de retención, en comparación con el tener (o no) experiencia colaborativa. Ambos factores son formas de conocimientos previos, uno relacionado con el trabajo grupal y otro con la tarea de aprendizaje. La diferencia sustancial entre ambos tipos de conocimientos pone de manifiesto que proveer conocimientos relevantes de manera introductoria (i.e., entrenamiento

previo), tiene un mayor impacto en el desempeño que el proveer experiencia colaborativa previa. Sin embargo, cuando no se tiene la oportunidad de proveer a los estudiantes esquemas parcialmente desarrollados a través de tareas introductorias para resolver problemas de aprendizaje complejos, los grupos de un mismo dominio pueden sacar provecho de sus experiencias previas para lograr un mejor desempeño.

Específicamente, en línea con lo reportado por Zhang et al. (2016) en cuanto a que el conocimiento previo influye en la efectividad de las condiciones de aprendizaje colaborativo, se halló que cuando los estudiantes aprenden en grupo, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, el desempeño y la eficiencia es superior cuando los grupos están conformados por personas que tienen conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje, que cuando están constituidos por personas que carecen de estos conocimientos de dominio específico.

Por otra parte, se halló que comparando los grupos en función de si tenían o no experiencia colaborativa previa, en la fase de aprendizaje, aquellos con experiencia colaborativa previa lograron un nivel de desempeño y de eficiencia mayor que los grupos sin experiencia colaborativa previa, lo cual es consistente con lo previamente reportado por Zambrano R., Kirschner, and Kirschner (2018a); pero, en la fase de retención no hubo diferencias significativas ni en el desempeño, ni en la eficiencia en función de si los grupos tenían o no experiencia colaborativa previa, aún cuando en esta fase los grupos con experiencia colaborativa percibieron más esfuerzo mental que los grupos sin experiencia colaborativa.

Este segundo experimento apuntó a evaluar la interacción entre el nivel de conocimiento previo de dominio específico y el tipo de grupo colaborativo (con experiencia y sin experiencia colaborativa previa).

En cuanto a los **estudiantes sin conocimiento previo** de la tareas aprendizaje (i.e., estudiantes novatos), se hipotetizó que los grupos con experiencia colaborativa previa tendrían la ventaja de poder transferir sus estructuras de conocimiento de trabajo compartido, mientras que los grupos sin experiencia colaborativa previa no tendrían esta ventaja, por lo cual los primeros obtendrían mayor desempeño (H7), reportarían mayor esfuerzo mental (H8) y serían más eficientes (H9) que los grupos sin experiencia colaborativa previa.

Los resultados dan soporte a las hipótesis 7 y 9. Así, tanto en la fase de aprendizaje como en la fase de retención se confirmó que los grupos con experiencia colaborativa previa obtuvieron más alto desempeño y fueron más eficientes cognitivamente que los grupos sin experiencia colaborativa previa. Sin embargo, en ambas fases, ambos grupos percibieron igual nivel de esfuerzo mental, no confirmándose la hipótesis 8.

Estos resultados muestran que, cuando los estudiantes eran novatos, los grupos con experiencia colaborativa previa aprovecharon sus esquemas de trabajo en equipo adquiridos previamente para procesar colectivamente la información de las tareas complejas y construir mejores esquemas en la MLP. La experiencia colaborativa previa en tareas análogas fue una ventaja cognitiva ya que los grupos al parecer transfirieron los esquemas de trabajo colaborativo a las tareas de aprendizaje (Gick & Holyoak, 1980; Holyoak, 2012; Kalyuga, 2013a; Kubricht, Lu, & Holyoak, 2016; D. J. Peterson & Wissman, 2018).

Los miembros de los grupos con experiencia colaborativa previa pudieron identificar un ambiente de aprendizaje familiar en términos de trabajo colectivo y de tarea. Es decir, los estudiantes reconocieron los elementos estructurales comunes entre las tareas colaborativas de la fase de preparación y de aprendizaje (D. J. Peterson & Wissman, 2018). La similitud de los elementos estructurales activaron los esquemas de colaboración previamente adquiridos en la fase de aprendizaje. Así, estos esquemas funcionaron como guías ejecutivas internas (Fischer, Kollar, Stegmann, & Wecker, 2013) que orientaron a los miembros de los grupos durante proceso de aprendizaje. Estos esquemas colectivos al parecer permitieron a los miembros del grupo enfocar las actividades transaccionales (i.e., la carga cognitiva colaborativa; P. A. Kirschner et al., 2018) en los elementos esenciales de la tarea de aprendizaje y evitar interacciones no asociadas o ajenas a la tarea. La carga cognitiva relacionada con las actividades transaccionales de los grupos con experiencia grupal previa fortaleció la construcción mutua de mejores esquemas mentales de la tarea de aprendizaje (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b).

A pesar de que la percepción de esfuerzo mental no difirió significativamente en función de la experiencia colaborativa previa en ninguna de las dos fases, el más alto desempeño de los grupos experimentados incrementó la medición de la eficiencia. Esto sugiere que las estructuras de colaboración adquiridas promovieron carga cognitiva relevante para el aprendizaje. Los grupos

experimentados aprendieron más invirtiendo una carga cognitiva equivalente que los grupos sin experiencia colaborativa. Esta ventaja se mantuvo en la prueba de retención, la cual también sugiere que los estudiantes almacenaron mejores esquemas de conocimiento específico en la MLP.

En contraste, los grupos sin experiencia colaborativa previa tuvieron que lidiar con los costos cognitivos de trabajar en equipo y de aprender a resolver las tareas de aprendizaje. La falta de estructuras esquemáticas basadas en este tipo de tareas al parecer les produjo actividades transaccionales menos apropiadas, y por consiguiente más carga cognitiva ajena, que no contribuyó a la adquisición de mejores esquemas mentales sobre la tarea de aprendizaje. De esto se puede indicar que aprender grupalmente cuando no se tiene conocimientos previos sobre la tarea de alta complejidad resulta ser ineficiente cognitivamente a menos que los grupos hayan trabajado previamente en equipo y con tareas análogas.

Con respecto al esfuerzo mental, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, el nivel de experiencia colaborativa no incidió significativamente sobre el esfuerzo mental percibido por los estudiantes que no tenían conocimiento previo sobre la tarea. Sin embargo, teóricamente es posible argumentar que este factor puede explicar la carga cognitiva colaborativa (P. A. Kirschner et al., 2018; Zambrano R. et al., 2018b). Sin embargo, hay que conducir más estudios que analicen a profundidad las actividades inter-individuales a fin de determinar los patrones relacionados con el conocimiento previo sobre cómo colaborar o sobre la tarea de aprendizaje (Janssen et al., 2010). Hasta el momento hay estudios que indican que existen relaciones entre la carga cognitiva y las características lingüísticas del trabajo en equipo (Khawaja, Chen, & Marcus, 2012, 2013; Khawaja, Chen, Owen, & Hickey, 2009). Sin embargo, estos estudios no han sido conducidos en condiciones de aprendizaje.

Con respecto a los **estudiantes avanzados** (i.e., tienen esquemas relevantes sobre la tarea de aprendizaje), hipotetizamos que la ventaja de poder transferir las estructuras de conocimiento de trabajo compartido resultaría redundante para los grupos con experiencia colaborativa previa, en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa, por lo cual esperábamos que los primeros obtuviesen un menor desempeño (H10), reportasen más esfuerzo mental (H11) y fuesen menos eficientes (H12), que los grupos sin experiencia colaborativa previa. Los resultados

obtenidos respaldan las hipótesis 10 y 12 solamente en la fase de retención, encontrándose que los grupos con experiencia colaborativa previa tuvieron un desempeño y una eficiencia inferiores a los grupos sin experiencia colaborativa previa.

El mejor desempeño de los estudiantes que aprendieron en grupos sin experiencia colaborativa previa sugiere que las estructuras de conocimientos colectivos de trabajo conjunto fueron redundantes. Los esquemas de trabajo grupal orientan las interacciones grupales cuando estos son apropiados para los nuevos ambientes de aprendizaje. Sin embargo, cuando los estudiantes tienen conocimientos relevantes sobre la tarea de aprendizaje, estos conocimientos guían el proceso de aprendizaje volviendo innecesaria las estructuras de trabajo colaborativo (Van Blankenstein, Dolmans, Van der Vleuten, & Schmidt, 2012). Cuando los estudiantes cuentan con conocimientos relevantes sobre la tarea, los esquemas de trabajo colaborativo no solamente son innecesarios sino que podrían interferir con el aprendizaje (Zhang et al., 2016; Zhang et al., 2015). Tener estructuras de conocimientos tanto de cómo colaborar como sobre la tarea de dominio específico pudo haber aumentado sustancialmente la necesidad coordinar las actividades cognitivas grupales con las actividades cognitivas previas de la tarea reduciendo la calidad del aprendizaje grupal. Por el contrario, los grupos que no tuvieron experiencia colaborativa previa pero recibieron estructuras de conocimiento relevantes, pudieron aprovechar las actividades intergrupales para resolver las tareas. Sus conocimientos previos les permitieron ampliar las limitaciones de capacidad y duración de la MT y enfocar la carga cognitiva colaborativa en los elementos esenciales de la tarea. Esta carga, a su vez, mejoró la adquisición de los esquemas de la tarea.

En este segundo experimento también se encontró un efecto de reversión de la experticia a nivel colaborativo (Blayney et al., 2010; Chen et al., 2016a; Kalyuga et al., 2003; Zhang et al., 2016; Zhang et al., 2015). Debido a que los estudiantes recibieron conocimientos relevantes de la tarea de aprendizaje, se pudo observar una interacción disordinal (Chen et al., 2016a) donde los estudiantes que recibieron instrucción sobre cómo colaborar tuvieron bajo desempeño en la fase de retención en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa. Al parecer, los estudiantes que aprendieron en grupo tuvieron que reconciliar sus esquemas de cómo colaborar con los esquemas sobre la tarea de aprendizaje. Así, los esquemas de colaboración fueron innecesarios o redundantes ya que los estudiantes tuvieron esquemas de la tarea para resolver los

problemas de aprendizaje. Por el contrario, los conocimientos relevantes previamente adquiridos por los grupos sin experiencia previa benefició el aprendizaje porque permitió orientar las actividades cognitivas para construir mejores representaciones mentales de la tarea en la MLP.

En relación con el nivel de esfuerzo mental reportado por los estudiantes avanzados, los grupos con y sin experiencia colaborativa previa percibieron un nivel de esfuerzo mental o carga cognitiva equivalente en la fase de aprendizaje. Al parecer, los recursos de MT usados en las tareas de aprendizaje fueron similares. Sin embargo, en la fase de retención los grupos con experiencia colaborativa previa reportaron más esfuerzo mental como era esperado.

Este resultado sugiere una completa reversión de la experticia en el caso de los estudiantes que tienen conocimientos previos sobre la tarea, donde el esfuerzo mental es alto y el desempeño es inferior. Es decir, aprender en grupos con experiencia colaborativa previa podría haber implicado tener que integrar conocimientos sobre cómo colaborar con los conocimientos de la tarea. Esto pudo haber conllevado más actividades transaccionales que a su vez aumentaron la carga cognitiva causando interferencias en el proceso de aprendizaje. Esta redundancia cognitiva en la MT podría explicar porqué los miembros de grupos con mejor conocimiento de la tarea experimentaron más esfuerzo mental y más bajo desempeño en la fase de retención. La reversión de la experticia se relacionó con más actividades cognitivas aleatorias o no relacionadas directamente con la tarea. Es decir, la redundancia pudo haber reducido la calidad de los esquemas de la MLP, causando una percepción de esfuerzo mental mayor durante la solución de los problemas de retención. Por su parte, los miembros de los grupos sin experiencia colaborativa previa tuvieron conocimientos relevantes de la tarea que orientaron de mejor manera el proceso de solución de problemas de retención. En otras palabras, los conocimientos relevantes de dominio específico guiaron el proceso de resolución de problemas en las tareas de retención reduciendo significativamente el esfuerzo mental.

Con respecto a la eficiencia cognitiva, nuestra hipótesis se confirmó en la fase de retención. Es decir, los grupos experimentados integrados por estudiantes avanzados fueron menos eficientes cognitivamente que los grupos sin experiencia colaborativa. Aunque la percepción de esfuerzo mental fue significativamente más alta, el más bajo desempeño de los grupos con experiencia colaborativa previa en la prueba de retención produjo un menor nivel de eficiencia cognitiva que

los grupos no experimentados. Esto sugiere que las estructuras de colaboración adquiridas produjeron carga cognitiva ajena, perjudicando el aprendizaje de los miembros de los grupos. Ya que el cálculo de la eficiencia combina las mediciones de desempeño y esfuerzo mental, el resultado de la fase de retención indica que los estudiantes que trabajaron en grupos aprendieron menos con más carga cognitiva que los estudiantes individuales.

Sin embargo, en la fase de aprendizaje, en contra de lo planteado en la H12, cuando los grupos se componen de estudiantes con conocimientos previos, no existe diferencia significativa entre grupos con y sin experiencia colaborativa previa.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los resultados de los dos estudios conducidos nos permiten concluir que el conocimiento previo de dominio específico es la variable que explica en mayor medida no solo el desempeño sino la eficiencia de los estudiantes, tanto cuando se los evalúa en la fase de aprendizaje como cuando la evaluación se realiza en la fase de retención. Es decir, aquellos que tienen conocimientos previos sobre la tarea de aprendizaje obtienen un desempeño significativamente superior y son más eficientes cognitivamente que quienes no lo tienen. De esta forma, proveer a los estudiantes de esquemas relativamente parciales sobre la tarea de aprendizaje tiene un impacto de mayor magnitud en la eficacia y eficiencia que el aprender en grupo o individualmente, y que el grado de experiencia colaborativa previa del grupo.

En cuanto a la condición social de aprendizaje, el aprendizaje colaborativo es una estrategia instruccional ampliamente usada en todos los niveles y tipos de educación. Sin embargo, aprender colaborativamente no siempre produce mejores resultados que el aprendizaje individual (Kester & Paas, 2005; P. A. Kirschner et al., 2018; Retnowati et al., 2016). Dado que existe evidencia que trabajar en grupos implica aprender a colaborar con otros (Zambrano R. et al., 2018b), es plausible afirmar que los grupos pueden mejorar su desempeño y eficiencia cognitiva cuando reciben instrucción explícita sobre cómo colaborar apropiadamente (P. A. Kirschner et al., 2018).

En este sentido, los resultados de la presente investigación nos permiten concluir, primeramente, que cuando se evalúa la ejecución durante la fase de aprendizaje de un contenido particular, quienes aprenden en grupos que tienen experiencia colaborativa previa en un dominio análogo a las tareas de aprendizaje presentan un desempeño y una eficiencia cognitiva significativamente mayores que quienes aprenden individualmente, y que quienes aprenden en grupos que carecen de experiencia colaborativa. Sin embargo, en segundo lugar, aprender en grupo o individualmente no incide significativamente ni en el desempeño ni en la eficiencia durante la fase de retención en la que se evalúa el proceso de solución de la tarea como un indicador de la calidad de los esquemas de conocimiento adquiridos. En esta fase, además, el beneficio de aprender en grupos con experiencia colaborativa previa desaparece.

Tercero. Nuestros resultados permiten concluir que el efecto principal de la condición social de aprendizaje varía en función del conocimiento previo de los participantes, tanto en el caso del desempeño como en de la eficiencia: Cuando los estudiantes no tienen conocimiento previo de la tarea de aprendizaje, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, aprender en grupos que tienen experiencia colaborativa previa produce un desempeño superior y una eficiencia cognitiva mayor (i.e., mejor desempeño con menor o igual carga cognitiva), que aprender individualmente. Sin embargo, en cuarto lugar, la ventaja del aprendizaje colaborativo desaparece cuando los estudiantes han tenido conocimiento previo de dominio específico y son evaluados durante la fase de aprendizaje. Esto produce un efecto de reversión de la experticia colaborativa cuando son evaluados en la fase de retención, de forma que aquellos estudiantes con conocimiento previo sobre la tarea de aprendizaje que aprenden en grupo muestran un menor desempeño y son menos eficientes que aquellos que aprenden individualmente.

Quinto, los resultados sugieren que la ventaja de tener experiencia colaborativa previa depende de los conocimientos previos sobre la tarea, tanto en el caso del desempeño como en el de la eficiencia: Cuando los estudiantes no tienen conocimientos previos de la tarea de aprendizaje, tanto en la fase de aprendizaje como en la de retención, aprender en grupos que tienen experiencia colaborativa previa provoca un desempeño y una eficiencia mayor que hacerlo en grupos que no cuentan con experiencia colaborativa previa. Sin embargo, finalmente, cuando los alumnos tienen conocimiento previo sobre la tarea y son evaluados durante la fase de aprendizaje, ni el desempeño ni la eficiencia varían en función de si los grupos tienen o no experiencia colaborativa previa. Esto produce un efecto de reversión de la experticia a nivel colaborativo cuando son evaluados en la fase de retención, de forma que los grupos con experiencia colaborativa previa conformados por estudiantes avanzados obtienen un desempeño y una eficiencia significativamente menor, en comparación con los grupos sin experiencia colaborativa previa.

De estas conclusiones se pueden deducir las siguientes recomendaciones instruccionales:

1. Dado que el conocimiento previo de dominio específico es la variable con mayor poder explicativo, se recomienda proveer a los estudiantes de esquemas relativamente parciales

cuando la tarea de aprendizaje es altamente compleja, a fin de mejorar tanto el desempeño como la eficiencia de la instrucción.

2. Cuando los estudiantes no tienen conocimiento previo de la tarea de aprendizaje y las tareas son cognitivamente demandantes o complejas, es más apropiado diseñar ambientes de aprendizaje colaborativo en lugar de aprender individualmente, siempre y cuando los grupos tengan experiencia colaborativa previa. En estas condiciones, las MT combinadas pueden procesar más información de las tareas de aprendizaje y aprovechar las interacciones para aprender mutuamente. Aunque el aprendizaje colaborativo aumenta los costos cognitivos debido a la necesidad de comunicarse y coordinar las actividades interindividuales, produce mejores estructuras de conocimiento a nivel grupal e individual.
3. Cuando los estudiantes ya tienen conocimiento previo de dominio específico y las tareas son complejas, el aprendizaje colaborativo no resulta más beneficioso que el aprendizaje individual, con independencia de que los grupos tengan o no experiencia colaborativa previa. Por el contrario, el aprendizaje colaborativo puede tener efectos perjudiciales redundando en un peor desempeño y en una menor eficiencia que el aprendizaje individual. Por ende, si los estudiantes tienen conocimientos previos, es mejor que trabajen individualmente o en grupos sin experiencia colaborativa previa. Las estructuras o esquemas de conocimientos de las tareas de aprendizaje y una apropiada instrucción es suficiente para que los estudiantes avanzados puedan tener mejor desempeño (adquirir mejores conocimientos) de forma eficiente.
4. Si los grupos colaborativos no han tenido experiencia en trabajar previamente en tareas análogas o similares, los profesores pueden dar instrucción explícita mediante un enfoque de andamiaje basado en tareas similares ya conocidas (Van Merriënboer & Kirschner, 2018). Se pueden diseñar tareas grupales a partir de tareas previamente aprendidas para evitar sobrecargar cognitivamente a los estudiantes. Las primeras tareas deben ser simples y con soporte y guía instruccional. Luego usar tareas medianamente complejas y reducir el nivel de soporte y guía. Finalmente se debe usar problemas complejos colaborativos sin apoyo instruccional. Una vez adquiridos los esquemas de colaboración, los estudiantes podrán enfrentar de mejor manera las tareas complejas y aprender mejor entre ellos. Esto

tomaría unas pocas sesiones pero el resultado obtenido es mejor en término de costo-beneficio cognitivo.

Para cerrar, de cara a futuras investigaciones se recomienda conducir estudios a profundidad cualitativos-cuantitativos dirigidos a comprender los tipos de actividades transaccionales asociadas al rendimiento y la carga cognitiva, y poder así determinar los patrones de interacción que explican los resultados obtenidos en este estudio (Janssen et al., 2010).

REFERENCIAS

- Alexander, P. A., Schallert, D. L., & Reynolds, R. E. (2009). What is learning anyway? A topographical perspective considered. *Educational Psychologist, 44*(3), 176-192. doi:10.1080/00461520903029006
- Atkinson, R. C., & Shiffrin, R. M. (1968). Human memory: A proposed system and its control processes. In W. S. Kenneth & S. Janet Taylor (Eds.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. Volume 2, pp. 89-195): Academic Press.
- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A., & Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research, 70*(2), 181-214. doi:10.3102/00346543070002181
- Baddeley, A. D. (1986). *Working memory*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-423. doi:10.1016/s1364-6613(00)01538-2
- Baddeley, A. D. (2007). *Working memory, thought, and action*. Oxford; New York: Oxford University Press.
- Baddeley, A. D. (2011). Working memory: Theories, models, and controversies. *Annual Review of Psychology, 63*(1), 1-29. doi:10.1146/annurev-psych-120710-100422
- Baddeley, A. D., Allen, R. J., & Hitch, G. J. (2011). Binding in visual working memory: The role of the episodic buffer. *Neuropsychologia, 49*(6), 1393-1400. doi:10.1016/j.neuropsychologia.2010.12.042
- Balluerka Lasa, N., & Vergara Iraeta, A. I. (2002). *Diseños de Investigación Experimental en Psicología*. Madrid: Pearson.
- Blayney, P., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2010). Interactions between the isolated–interactive elements effect and levels of learner expertise: Experimental evidence from an accountancy class. *Instructional Science, 38*(3), 277-287. doi:10.1007/s11251-009-9105-x
- Blayney, P., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2015a). The impact of complexity on the expertise reversal effect: Experimental evidence from testing accounting students. *Educational Psychology, 1*-18. doi:10.1080/01443410.2015.1051949

- Blayney, P., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2015b). Using cognitive load theory to tailor instruction to levels of accounting students' expertise. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 199-210.
- Brown, J. D. (2008). Effect size and eta squared. *JALT Testing & Evaluation SIG Newsletter*, 12(2), 38-43.
- Carruthers, P. (2015). *The centered mind: What the science of working memory shows us about the nature of human thought* (First edition. ed.). Oxford, UK: Oxford University Press.
- Chandler, P., & Sweller, J. (1991). Cognitive load theory and the format of instruction. *Cognition and Instruction*, 8(4), 293-332. doi:10.1207/s1532690xci0804_2
- Chen, O., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2016a). The expertise reversal effect is a variant of the more general element interactivity effect. *Educational Psychology Review*, 1-13. doi:10.1007/s10648-016-9359-1
- Chen, O., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2016b). Relations between the worked example and generation effects on immediate and delayed tests. *Learning and Instruction*, 45, 20-30. doi:10.1016/j.learninstruc.2016.06.007
- Ciborra, C. C., & Olson, M. H. (1988). Encountering electronic work groups: A transaction costs perspective. *Office Technology and People*, 4(4), 285-298. doi:10.1108/eb022667
- Clark, R. C., Nguyen, F., & Sweller, J. (2006). *Efficiency in learning: Evidence-based guidelines to manage cognitive load*. San Francisco, CA: Jossey-Bass.
- Cohen, J. (1988). *Statistical power analysis for the behavioral sciences* (2nd ed.). Hillsdale, N.J.: L. Erlbaum Associates.
- Collins, W. A., Maccoby, E. E., Steinberg, L., Hetherington, E. M., & Bornstein, M. H. (2000). Contemporary research on parenting: The case for nature and nurture. *American Psychologist*, 55(2), 218-232. doi:10.1037/0003-066X.55.2.218
- Cooper, G., Tindall-Ford, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2001). Learning by imagining. *Journal of Experimental Psychology*, 7(1), 68-82. doi:10.1037/1076-898X.7.1.68
- Cowan, N. (2005). *Working memory capacity*. New York, NY: Psychology Press.
- Curşeu, P. L., Schalk, R., & Wessel, I. (2008). How do virtual teams process information? A literature review and implications for management. *Journal of Managerial Psychology*, 23(6), 628-652. doi:10.1108/02683940810894729

- Dillenbourg, P., & Bétrancourt, M. (2006). Collaboration load. In J. Elen & R. E. Clark (Eds.), *Handling complexity in learning environments: Theory and research* (pp. 141-165). The Netherlands: Elsevier.
- Durbin, J., & Watson, G. S. (1951). Testing for Serial Correlation in Least Squares Regression. II. *Biometrika*, 38(1/2), 159-177. doi:10.2307/2332325
- Ericsson, K. A., & Delaney, P. F. (1999). Long-term working memory as an alternative to capacity models of working memory in everyday skilled performance. In *Models of working memory: Mechanisms of active maintenance and executive control*. (pp. 257-297). New York, NY: Cambridge University Press.
- Ericsson, K. A., & Kintsch, W. (1995). Long-term working memory. *Psychological Review*, 102(2), 211-245. doi:10.1037/0033-295X.102.2.211
- Field, A. (2017). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (5th ed.). Thousand Oaks, CA: SAGE.
- Fischer, F., Kollar, I., Stegmann, K., & Wecker, C. (2013). Toward a script theory of guidance in computer-supported collaborative learning. *Educational Psychologist*, 48(1), 56-66. doi:10.1080/00461520.2012.748005
- Freire, P. (1970). *Pedagogía del oprimido* (1ra. Ed.). Madrid: Siglo XXI.
- Gauvain, M., & Perez, S. (2015). Cognitive development and culture. In R. M. Lerner, L. S. Liben, & U. Müller (Eds.), *Handbook of child psychology and developmental science: Cognitive processes* (7th. ed., Vol. 2, pp. 854-896). Hoboken, New Jersey: Wiley.
- Geary, D. C. (2005). *The origin of mind: Evolution of brain, cognition, and general intelligence* (1st ed.). Washington, DC: American Psychological Association.
- Geary, D. C. (2008a). An evolutionarily informed education science. *Educational Psychologist*, 43(4), 179-195. doi:10.1080/00461520802392133
- Geary, D. C. (2008b). Whither evolutionary educational psychology? *Educational Psychologist*, 43(4), 217-226. doi:10.1080/00461520802392240
- Geary, D. C. (2009). The why of learning. *Educational Psychologist*, 44(3), 198-201. doi:10.1080/00461520903029014
- Geary, D. C. (2012). Evolutionary educational psychology. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds.), *APA educational psychology*

- handbook, Vol 1: Theories, constructs, and critical issues* (pp. 597-621). Washington, DC: American Psychological Association.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1980). Analogical problem solving. *Cognitive Psychology*, *12*(3), 306-355. doi:10.1016/0010-0285(80)90013-4
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, *15*(1), 1-38. doi:10.1016/0010-0285(83)90002-6
- Ginns, P. (2006). Integrating information: A meta-analysis of the spatial contiguity and temporal contiguity effects. *Learning and Instruction*, *16*(6), 511-525. doi:10.1016/j.learninstruc.2006.10.001
- Groenewegen, P. P., & Hutten, J. B. F. (1991). Workload and job satisfaction among general practitioners: A review of the literature. *Social Science & Medicine*, *32*(10), 1111-1119. doi:10.1016/0277-9536(91)90087-S
- Hakkarainen, K., Paavola, S., Kangas, K., & Seitamaa-Hakkarainen, P. (2013). Sociocultural perspectives on collaborative learning: Toward collaborative learning knowledge creation. In C. Chinn, C. Chan, & A. O'Donnell (Eds.), *The international handbook of collaborative learning* (pp. 1-15). New York: Routledge.
- Hinsz, V. B., Tindale, R. S., & Vollrath, D. A. (1997). The emerging conceptualization of groups as information processors. *Psychological Bulletin*, *121*(1), 43-64. doi:10.1037/0033-2909.121.1.43
- Hmelo-Silver, C., & Chinn, C. A. (2015). Collaborative learning. In L. Corno & E. M. Anderman (Eds.), *Handbook of educational psychology* (3rd ed.). New York, NY: Routledge.
- Ho, R. (2014). *Handbook of univariate and multivariate data analysis and interpretation with SPSS* (2nd ed.). Boca Raton: Chapman & Hall/CRC.
- Holyoak, K. J. (2012). Analogy and relational reasoning. In *The Oxford handbook of thinking and reasoning* (pp. 234-259). Oxford: Oxford University Press.
- Janssen, J., Kirschner, F., Erkens, G., Kirschner, P. A., & Paas, F. (2010). Making the black box of collaborative learning transparent: Combining process-oriented and cognitive load approaches. *Educational Psychology Review*, *22*(2), 139-154. doi:10.1007/s10648-010-9131-x
- Jex, H. R. (1988). Mental workload: Problems, progress, and promises. In P. A. Hancock & N. Meshkati (Eds.), *Human mental workload* (pp. 5-39). Amsterdam: Elsevier.

- Jonassen, D. H. (1997). Instructional design models for well-structured and III-structured problem-solving learning outcomes. *Educational Technology Research and Development*, 45(1), 65-94.
- Kalsbeek, J. W. H. (1971). Sinus Arrhythmia and the Dual Task Method in Measuring Mental Load. In W. T. Singleton, J. G. Fox, & D. Whitfield (Eds.), *Measurement of man at work: An appraisal of physiological and psychological criteria in man-machine systems* (pp. 101-113). London: Taylor & Francis.
- Kalyuga, S. (2006). Rapid cognitive assessment of learners' knowledge structures. *Learning and Instruction*, 16(1), 1-11. doi:10.1080/01443410500342674
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509-539. doi:10.1007/s10648-007-9054-3
- Kalyuga, S. (2011). Cognitive load theory: How many types of load does it really need? *Educational Psychology Review*, 23(1), 1-19. doi:10.1007/s10648-010-9150-7
- Kalyuga, S. (2013a). Enhancing transfer by learning generalized domain knowledge structures. *European Journal of Psychology of Education*, 28(4), 1477-1493. doi:10.1007/s10212-013-0176-3
- Kalyuga, S. (2013b). Rapid dynamic assessment for learning. In M. M. C. Mok (Ed.), *Self-directed Learning Oriented Assessments in the Asia-Pacific* (Vol. 18, pp. 43-60): Springer Netherlands.
- Kalyuga, S. (2015). *Instructional guidance: A cognitive load perspective*. Charlotte, NC: Information Age Publishing, Inc.
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31. doi:10.1207/s15326985ep3801_4
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1998). Levels of expertise and instructional design. *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 40(1), 1-17. doi:10.1518/001872098779480587
- Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (2004). When redundant on-screen text in multimedia technical instruction can interfere with learning. *Human Factors*, 46(3), 567-581. doi:10.1518/hfes.46.3.567.50405
- Kalyuga, S., & Plass, J. L. (2018). Cognitive load as a local characteristic of cognitive processes: Implications for measurement approaches. In R. Zheng (Ed.), *Cognitive load*

measurement and application: A theoretical framework for meaningful research and practice (pp. 59-74). New York, NY: Routledge.

- Kalyuga, S., & Singh, A.-M. (2016). Rethinking the boundaries of cognitive load theory in complex learning. *Educational Psychology Review*, 28(4), 831–852. doi:10.1007/s10648-015-9352-0
- Kalyuga, S., & Sweller, J. (2005). Rapid dynamic assessment of expertise to improve the efficiency of adaptive e-learning. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 83-93. doi:10.1007/BF02504800
- Kester, L., & Paas, F. (2005). Instructional interventions to enhance collaboration in powerful learning environments. *Computers in Human Behavior*, 21(4), 689-696. doi:10.1016/j.chb.2004.11.008
- Khawaja, M. A., Chen, F., & Marcus, N. (2012). Analysis of collaborative communication for linguistic cues of cognitive load. *Human Factors*, 54(4), 518-529. doi:10.1177/0018720811431258
- Khawaja, M. A., Chen, F., & Marcus, N. (2013). Measuring cognitive load using linguistic features: Implications for usability evaluation and adaptive interaction design. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 30, 343–368. doi:10.1080/10447318.2013.860579
- Khawaja, M. A., Chen, F., Owen, C., & Hickey, G. (2009). Cognitive load measurement from user's linguistic speech features for adaptive interaction design. In T. Gross, J. Gulliksen, P. Kotzé, L. Oestreicher, P. Palanque, R. O. Prates, & M. Winckler (Eds.), *Human-Computer Interaction – INTERACT 2009: 12th IFIP TC 13 International Conference, Uppsala, Sweden, August 24-28, 2009, Proceedings, Part I* (pp. 485-489). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Kim, H. Y. (2013). Statistical notes for clinical researchers: assessing normal distribution (2) using skewness and kurtosis. *Restor Dent Endod*, 38(1), 52-54. doi:10.5395/rde.2013.38.1.52
- Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2009a). A cognitive load approach to collaborative learning: United brains for complex tasks. *Educational Psychology Review*, 21(1), 31-42. doi:10.1007/s10648-008-9095-2

- Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2009b). Individual and group-based learning from complex cognitive tasks: Effects on retention and transfer efficiency. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 306-314. doi:10.1016/j.chb.2008.12.008
- Kirschner, F., Paas, F., & Kirschner, P. A. (2011). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: The collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25(4), 615-624. doi:10.1002/acp.1730
- Kirschner, F., Paas, F., Kirschner, P. A., & Janssen, J. (2011). Differential effects of problem-solving demands on individual and collaborative learning outcomes. *Learning and Instruction*, 21(4), 587-599. doi:10.1016/j.learninstruc.2011.01.001
- Kirschner, P. A., Sweller, J., & Clark, R. E. (2006). Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential, and inquiry-based teaching. *Educational Psychologist*, 41(2), 75-86. doi:10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F., & Zambrano R., J. (2018). From cognitive load theory to collaborative cognitive load theory. *International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning*, 13(2), 213-233. doi:10.1007/s11412-018-9277-y
- Kubricht, J. R., Lu, H., & Holyoak, K. J. (2016). Individual differences in spontaneous analogical transfer. *Memory & Cognition*, 1-13. doi:10.3758/s13421-016-0687-7
- Leppink, J., Van Gog, T., Paas, F., & Sweller, J. (2015). Cognitive load theory: Researching and planning teaching to maximise learning. In J. A. Cleland & S. J. Durning (Eds.), *Researching medical education*. Chichester, West Sussex: John Wiley and Sons, Inc.
- MacDonald, W. (2003). The impact of job demands and workload on stress and fatigue. *Australian Psychologist*, 38(2), 102-117. doi:10.1080/00050060310001707107
- Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2da ed.). Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Mayer, R. E. (2012). Information processing. In K. R. Harris, S. Graham, T. Urdan, C. B. McCormick, G. M. Sinatra, & J. Sweller (Eds.), *APA educational psychology handbook: Theories, constructs, and critical issues* (Vol. 1, pp. 85-99). Washington, DC, US: American Psychological Association.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist*, 38(1), 43-52. doi:10.1207/s15326985ep3801_6

- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, *63*(2), 81-97. doi:10.1037/h0043158
- Moray, N. (1979). *Mental workload: Its theory and measurement*. New York: Published in coordination with NATO Scientific Affairs, Plenum Press.
- Moreno, R., & Park, B. (2010). Cognitive load theory: Historical development and relation to other theories. In J. L. Plass, R. Moreno, & R. Brünken (Eds.), *Cognitive load theory* (pp. 9-28). Cambridge; New York: Cambridge University Press.
- Mousavi, S. Y., Low, R., & Sweller, J. (1995). Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes. *Journal of Educational Psychology*, *87*(2), 319-334. doi:10.1037/0022-0663.87.2.319
- Novick, L. R. (1988). Analogical transfer, problem similarity, and expertise. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, *14*(3), 510-520. doi:10.1037/0278-7393.14.3.510
- Paas, F. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, *84*(4), 429-434. doi:10.1037/0022-0663.84.4.429
- Paas, F., Renkl, A., & Sweller, J. (2004). Cognitive load theory: Instructional implications of the interaction between information structures and cognitive architecture. *Instructional Science*, *32*(1), 1-8. doi:10.1023/B:TRUC.0000021806.17516.d0
- Paas, F., & Sweller, J. (2012). An evolutionary upgrade of cognitive load theory: Using the human motor system and collaboration to support the learning of complex cognitive tasks. *Educational Psychology Review*, *24*(1), 27-45. doi:10.1007/s10648-011-9179-2
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & Van Gerven, P. W. M. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist*, *38*(1), 63-71. doi:10.1207/s15326985ep3801_8
- Paas, F., Van Gog, T., & Sweller, J. (2010). Cognitive load theory: New conceptualizations, specifications, and integrated research perspectives. *Educational Psychology Review*, *22*(2), 115-121. doi:10.1007/s10648-010-9133-8
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1993). The efficiency of instructional conditions: An approach to combine mental effort and performance measures. *Human Factors: The*

- Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, 35(4), 737-743.
doi:10.1177/001872089303500412
- Paas, F., & Van Merriënboer, J. J. G. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122-133.
- Paas, F., Van Merriënboer, J. J. G., & Adam, J. J. (1994). Measurement of cognitive load in instructional research. *Perceptual and Motor Skills*, 79(1), 419-430.
doi:10.2466/pms.1994.79.1.419
- Pachman, M., Sweller, J., & Kalyuga, S. (2013). Levels of knowledge and deliberate practice. *Journal of Experimental Psychology: Applied*. doi:10.1037/a0032149
- Pachman, M., Sweller, J., & Kalyuga, S. (2014). Effectiveness of combining worked examples and deliberate practice for high school geometry. *Applied Cognitive Psychology*, n/a-n/a.
doi:10.1002/acp.3054
- Peterson, D. J., & Wissman, K. T. (2018). The testing effect and analogical problem-solving. *Memory*, 1-7. doi:10.1080/09658211.2018.1491603
- Peterson, L. R., & Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 193-198. doi:10.1037/h0049234
- Pollock, E., Chandler, P., & Sweller, J. (2002). Assimilating complex information. *Learning and Instruction*, 12(1), 61-86. doi:10.1016/s0959-4752(01)00016-0
- Puma, S., Matton, N., Paubel, P.-V., & Tricot, A. (2018). Cognitive load theory and time considerations: Using the Time-Based Resource Sharing model. *Educational Psychology Review*, 30(3), 1199–1214. doi:10.1007/s10648-018-9438-6
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2010). Worked example effects in individual and group work settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349-367.
doi:10.1080/01443411003659960
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2016). Can collaborative learning improve the effectiveness of worked examples in learning mathematics? *Journal of Educational Psychology*, 109(5), 666-679. doi:10.1037/edu0000167
- Schmeck, A., Opfermann, M., Van Gog, T., Paas, F., & Leutner, D. (2014). Measuring cognitive load with subjective rating scales during problem solving: differences between immediate and delayed ratings. *Instructional Science*, 1-22. doi:10.1007/s11251-014-9328-3

- Schmidt, H. G., & Boshuizen, H. P. A. (1992). Encapsulation of biomedical knowledge. In D. A. Evans & V. L. Patel (Eds.), *Advanced Models of Cognition for Medical Training and Practice* (pp. 265-282). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
- Schnotz, W. (2014). Integrated model of text and picture comprehension. In R. E. Mayer (Ed.), *The Cambridge handbook of multimedia learning* (2nd. ed., pp. 72-103). New York: Cambridge University Press.
- Schnotz, W., & Kürschner, C. (2007). A reconsideration of cognitive load theory. *Educational Psychology Review*, 19(4), 469-508. doi:10.1007/s10648-007-9053-4
- Schunk, D. H. (2016). *Learning theories: An educational perspective* (7th. ed.). Boston: Pearson.
- Schunk, D. H., Meece, J. L., & Pintrich, P. R. (2014). *Motivation in education: Theory, research, and applications*. Boston: Pearson.
- Siegler, R. S. (1996). *Emerging minds: The process of change in children's thinking*. New York: Oxford University Press.
- Silva Rodríguez, A. (1992). *Métodos cuantitativos en Psicología*. México: Trillas.
- Simon, H. A., & Newell, A. (1972). Human problem solving: The state of the theory in 1970. *American Psychologist*, 26(2), 145-159. doi:10.1037/h0030806
- Sternberg, R., & Sternberg, K. (2017). *Cognitive psychology* (7th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. doi:10.1207/s15516709cog1202_4
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312. doi:10.1016/0959-4752(94)90003-5
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of learning and motivation*, 43, 215-266. doi:10.1016/s0079-7421(03)01015-6
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1-2), 9-31. doi:10.1023/B:TRUC.0000021808.72598.4d
- Sweller, J. (2008). Instructional implications of David C. Geary's evolutionary educational psychology. *Educational Psychologist*, 43(4), 214-216. doi:10.1080/00461520802392208
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138. doi:10.1007/s10648-010-9128-5

- Sweller, J. (2016a). Cognitive load theory, evolutionary educational psychology, and instructional design. In C. D. Geary & B. D. Berch (Eds.), *Evolutionary Perspectives on Child Development and Education* (pp. 291-306). Cham: Springer International Publishing.
- Sweller, J. (2016b). Working memory, long-term memory, and instructional design. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5(4), 360–367.
doi:10.1016/j.jarmac.2015.12.002
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. New York, NY: Springer.
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233. doi:10.1207/s1532690xci1203_1
- Sweller, J., & Cooper, G. A. (1985). The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra. *Cognition and Instruction*, 2(1), 59-89.
doi:10.1207/s1532690xci0201_3
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296.
doi:10.1023/a:1022193728205
- Tomasello, M., Kruger, A. C., & Ratner, H. H. (1993). Cultural learning. *Behavioral and brain sciences*, 16(03), 495-511. doi:10.1017/S0140525X0003123X
- Van Blankenstein, F. M., Dolmans, D. H. J. M., Van der Vleuten, C. P. M., & Schmidt, H. G. (2012). Relevant prior knowledge moderates the effect of elaboration during small group discussion on academic achievement. *Instructional Science*, 41(4), 729-744.
doi:10.1007/s11251-012-9252-3
- Van Bruggen, J. M., Kirschner, P. A., & Jochems, W. (2002). External representation of argumentation in CSCL and the management of cognitive load. *Learning and Instruction*, 12(1), 121-138. doi:10.1016/S0959-4752(01)00019-6
- Van Gog, T., Ericsson, K. A., Rikers, R., & Paas, F. (2005). Instructional design for advanced learners: Establishing connections between the theoretical frameworks of cognitive load and deliberate practice. *Educational Technology Research and Development*, 53(3), 73-81. doi:10.1007/bf02504799

- Van Gog, T., Kirschner, F., Kester, L., & Paas, F. (2012). Timing and frequency of mental effort measurement: Evidence in favour of repeated measures. *Applied Cognitive Psychology*, 26(6), 833–839. doi:10.1002/acp.2883
- Van Merriënboer, J. J. G. (1990). Strategies for programming instruction in high school: Program completion vs. program generation. *Journal of Educational Computing Research*, 6(3), 265-285. doi:10.2190/4nk5-17l7-twqv-1ehl
- Van Merriënboer, J. J. G. (2013). Perspectives on problem solving and instruction. *Computers & Education*, 64, 153-160. doi:10.1016/j.compedu.2012.11.025
- Van Merriënboer, J. J. G., Kester, L., & Paas, F. (2006). Teaching complex rather than simple tasks: Balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning. *Applied Cognitive Psychology*, 20(3), 343-352. doi:10.1002/acp.1250
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2013). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design* (2nd ed.). New York: Routledge.
- Van Merriënboer, J. J. G., & Kirschner, P. A. (2018). *Ten steps to complex learning: A systematic approach to four-component instructional design* (3th ed.). New York, NY: Routledge.
- Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Webb, N. M. (1991). Task-related verbal interaction and mathematics learning in small groups. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22(5), 366-389. doi:10.2307/749186
- Young, J. Q., Van Merriënboer, J., Durning, S., & Ten Cate, O. (2014). Cognitive load theory: Implications for medical education: AMEE Guide No. 86. *Medical Teacher*, 36(5), 371-384. doi:10.3109/0142159X.2014.889290
- Zambrano R., J., Kirschner, F., & Kirschner, P. A. (2018a). *The Benefits of Task-Based Prior Group Experience on Collaborative Learning: A Mixed-Methods Study*. Manuscript submitted for publication.
- Zambrano R., J., Kirschner, F., & Kirschner, P. A. (2018b). The effect of the prior collaborative experience on the effectiveness and efficiency of collaborative learning. In J. Kay & R. Luckin (Eds.), *Rethinking Learning in the Digital Age: Making the Learning Sciences*

- Count, 13th International Conference of the Learning Sciences (ICLS) (Vol. 1, pp. 112-114). London, UK: International Society of the Learning Sciences.*
- Zambrano R., J., Kirschner, F., & Kirschner, P. A. (2018c). *Effects of group experience and information distribution on collaborative learning*. [Manuscript submitted for publication].
- Zambrano R., J., Kirschner, F., & Kirschner, P. A. (2018d). *Effects of Prior Knowledge on Collaborative and Individual Learning*. [Manuscript submitted for publication].
- Zhang, L., Ayres, P., & Chan, K. (2011). Examining different types of collaborative learning in a complex computer-based environment: A cognitive load approach. *Computers in Human Behavior, 27*(1), 94-98. doi:10.1016/j.chb.2010.03.038
- Zhang, L., Kalyuga, S., Lee, C., & Lei, C. (2016). Effectiveness of collaborative learning of computer programming under different learning group formations according to students' prior knowledge: A cognitive load perspective. *Journal of Interactive Learning Research, 27*(2), 171-192. Retrieved from <http://www.learntechlib.org/p/111825>
- Zhang, L., Kalyuga, S., Lee, C. H., Lei, C., & Jiao, J. (2015). *Effectiveness of collaborative learning with complex tasks under different learning group formations: A cognitive load perspective*. Paper presented at the Hybrid Learning: Innovation in Educational Practices: 8th International Conference, ICHL 2015, Wuhan, China, July 27-29, 2015, Proceedings.

ANEXOS

Anexo A

Tabla A.1

Ejemplo de Material usado por los Estudiantes Individuales en la Fase de Preparación

Practicemos con un ejemplo incompleto. Por esta vez escriba todos los cálculos de los cuadros en blanco.

Verifique su respuesta.

PASOS PARA EL TRABAJO GRUPAL	MIEMBRO 1	MIEMBRO 2	MIEMBRO 3
Debe identificar si los términos están del lado izquierdo o derecho de la ecuación según la posición del signo igual =	$-10x^2 + 13 =$	$20x - 14x^2 =$	$= -7 + 3x$
Comunicarse con los miembros para identificar otros términos iguales. Pase los términos al lado izquierdo cambiando de signo y mantenga los resultados en la mente .			
Realizar rápidamente y sin error las operaciones que sean posibles y mantener el resultado en la mente .			
Todos deben compartir sus términos y ordenarlos . Mantener los términos en la mente .			
Factorizar el trinomio entre los tres miembros. Recuerden hacer estos cálculos mentalmente . Para no olvidarlos, cada miembro debe tener una parte de la información en su mente.			
Igualar a cero y resolver las ecuaciones mentalmente:			
Escribir el resultado en la hoja de trabajo:	$x_1 = -\frac{5}{8}$ $x_2 = \frac{4}{3}$		

Tabla A.2

Ejemplo de Material usado por un Miembro de un Grupo en la Fase de Preparación

*Practicemos con un ejemplo incompleto. Usted es el **miembro 1**. Por esta vez escriba las respuestas faltantes.*

Verifique su respuesta.

PASOS PARA EL TRABAJO GRUPAL	MIEMBRO 1
Debe identificar si los términos están del lado izquierdo o derecho de la ecuación según la posición del signo igual =	$-10x^2 + 13 =$
Comunicarse con los miembros para identificar otros términos iguales. Pase los términos al lado izquierdo cambiando de signo y mantenga los resultados en la mente .	
Realizar rápidamente y sin error las operaciones que sean posibles y mantener el resultado en la mente .	
Todos deben compartir sus términos y ordenarlos . Mantener los términos en la mente .	
Factorizar el trinomio entre los tres miembros. Recuerden hacer estos cálculos mentalmente . Para no olvidarlos, cada miembro debe tener una parte de la información en su mente.	
Igualar a cero y resolver las ecuaciones mentalmente:	
Escribir el resultado en la hoja de trabajo:	$x_1 = -\frac{5}{8}$ $x_2 = \frac{4}{3}$

Anexo B

Anexo B1.

Ejemplo de Tarea para la Fase de Entrenamiento de Conocimientos Previos

TAREA 1. En un programa de entrenamiento para trabajadores, calcule el punto de equilibrio en **ventas sin utilidad:**

- Sueldo del profesor: \$55
- Alquiler de la oficina: \$67
- Servicios electricidad y teléfono: \$78
- Refrigerio para cada trabajador: \$25
- Material de práctica para el trabajador: \$35
- Libro de estudio para el trabajador: \$40
- Precio de la matrícula de cada trabajador: \$30
- Cantidad de trabajadores matriculados: 5
- Utilidad: \$0

Respuesta de punto de equilibrio en ventas sin utilidad: _____

Sin respuesta: ____

Anexo B2

Ejemplo de Tarea Grupal para la Fase de Aprendizaje

Miembro 1:

TAREA 1. En un programa de tutoría académica para hijos/as de madres trabajadoras, calcular el punto de equilibrio en **unidades con utilidad**:

- Utilidad: \$30
- Alquiler de la oficina: \$62
- Material de estudio para los estudiantes: \$40

Respuesta de PE en **unidades con utilidad**: _____ Sin respuesta: ____

¿Cuánto esfuerzo mental le produjo esta tarea?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy muy bajo								Muy muy alto

Miembro 2:

TAREA 1. En un programa de tutoría académica para hijos/as de madres trabajadoras, calcular el punto de equilibrio en **unidades con utilidad**:

- Sueldo de tutora: \$56
- Refrigerio para los estudiantes: \$25
- Precio de la matrícula de cada estudiante: \$48

¿Cuánto esfuerzo mental le produjo esta tarea?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy muy bajo								Muy muy alto

Miembro 3:

TAREA 1. En un programa de tutoría académica para hijos/as de madres trabajadoras, calcular el punto de equilibrio en **unidades con utilidad**:

- Material de escritura para los estudiantes: \$15
- Estudiantes matriculados: 10
- Servicios electricidad y teléfono: \$12

¿Cuánto esfuerzo mental le produjo esta tarea?

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Muy muy bajo								Muy muy alto