

# Efectos de la Experiencia Colaborativa Previa y el Conocimiento Previo sobre el Aprendizaje Colaborativo: Una perspectiva de la Carga Cognitiva

Jimmy Zambrano Ramírez

Facultad de Ciencias de la Educación y Derecho, Universidad del Pacífico

[info@jimmyzambrano.com](mailto:info@jimmyzambrano.com)

<https://orcid.org/0000-0002-2515-4378>

## Resumen

La colaboración, así como la solución de problemas colaborativos están está teniendo un lugar central entre quienes abogan por las competencias del siglo XXI. Sin embargo, no está claro cuándo es apropiado fomentar el aprendizaje y la solución de problemas en pequeños grupos. La presente investigación doctoral tuvo la intención de contribuir con más evidencia sobre las ventajas y limitaciones del aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la carga cognitiva. Se reportaron dos estudios experimentales que pretendieron responder a dos cuestiones: (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 ambos estudios permitieron 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). Es decir, introducir a los estudiantes la información relevante sobre la tarea de aprendizaje produce un mayor impacto en la eficiencia y eficacia que hacer que trabajen en grupo o individualmente, sea que tengan o no experiencia de trabajo grupal previo. 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 con el 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, es mejor crear grupos con experiencia colaborativa que aprender individualmente o en grupos sin 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, aprendizaje activo, aprendizaje colaborativo, método de aprendizaje, teoría de la educación.

## Effects of Prior Collaborative Experience and Prior Knowledge on Collaborative Learning: A Cognitive Load Perspective

### Abstract

Collaboration, as well as collaborative problem solving, is taking center stage among advocates for 21st century skills. However, it is not clear when it is appropriate to encourage learning and problem solving in small groups. The present doctoral research had the intention of contributing with more evidence on the advantages and limitations of collaborative learning from the perspective of cognitive load. Two experimental studies were reported that sought to answer two questions: (1) how learning social status (i.e., groups with prior collaborative experience vs. individuals) and domain-specific knowledge (novice vs. advanced) interact to affect effectiveness (i.e., performance) and the efficiency (i.e., combination of performance and mental effort) of the learning process and outcomes; (2) and how previous collaborative experience in generalizable tasks (experienced vs. inexperienced groups) and domain-specific knowledge (novice vs. advanced) interact affecting the effectiveness and efficiency of the learning process and outcomes. The results of both studies allowed us to conclude that prior knowledge of a specific domain is the variable that explains to a greater extent the performance and efficiency of learning both in the intervention (i.e., learning stage) and in the results (i.e., retention phase). That is, introducing students to relevant information about the learning task produces a greater impact on efficiency and effectiveness than having them work in groups or individually, whether or not they have previous group work experience. This work has implications for the design of learning environments: the advantage of learning in groups with previous collaborative experience or learning individually, in relation to performance and cognitive efficiency, depends on prior knowledge about the task. It is suggested that if students have no prior knowledge of the learning task, it is better to create groups with collaborative experience than to learn individually or in groups without prior collaborative experience. However, when students have prior knowledge about the task, it is better to design individual or collaborative learning environments without prior group experience.

**Keywords:** learning, active learning, collaborative learning, learning method, educational theory.

### Nota de Autor

Se han omitido detalles del método y los datos relevantes de la sección de resultados estadísticos debido a que se han incluido en un manuscrito sometido en otra revista académica. Gran parte del contenido de este artículo corresponde a la tesis del doctorado en educación obtenido en la de la Universidad Católica Andrés Bello, bajo la supervisión de Zuleima Santalla. El estudio que se reportó en la tesis fue la culminación de un proyecto de investigación que comenzó el 2013 bajo la guía de Paul A. Kirschner de la Universidad Abierta de Holanda, John Sweller de la Universidad de Nueva Gales del Sur, y Femke Kirschner de la Universidad de Utrecht. A todos mis supervisores, mi más profundo agradecimiento.

### Introducción

El aprendizaje colaborativo es una técnica instruccional o de enseñanza 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 (Kirschner et al., 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 (Kirschner et al., 2009a).

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 (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. et al., 2018). Sin embargo, es necesario comparar grupos con y sin experiencia colaborativa con estudiantes individuales. Así, aunque la teoría de la carga cognitiva ha puesto sustancial atención al aprendizaje individual y ha contribuido con muchos efectos que guían el diseño de entornos adecuados de aprendizaje (Sweller et al., 2019), existe la necesidad de comprender mejor los factores de carga cognitiva que explican las ventajas y desventajas del aprendizaje grupal (Kirschner et al., 2018).

A fin de disminuir esta brecha de conocimiento, la presente investigación pretendió 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?

## Marco Teórico

### Teoría de la Carga Cognitiva

La teoría de la carga cognitiva 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 memoria de trabajo, la organización multinivel de los conocimientos almacenados en la memoria de largo plazo y la interacción de estos dos sistemas. La investigación de esta interacción marcó una primera versión de la teoría de la carga cognitiva (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 teoría de la carga cognitiva 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 teoría de la carga cognitiva, 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.

### 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 et al., 2004). Así, la interactividad de los elementos de información es el concepto fundamental de la teoría de la carga cognitiva, 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 memoria de largo plazo. Antes de ser adquiridos en la memoria de largo plazo, 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 memoria de trabajo, y posteriormente almacenados en la memoria de largo plazo de forma interconectada. Una vez almacenados en la memoria de largo plazo, la memoria de trabajo 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 memoria de largo plazo. 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 memoria de trabajo hasta que son almacenados en la memoria de largo plazo.

Según la cantidad e interactividad de elementos, la teoría de la carga cognitiva ha definido dos categorías de carga cognitiva según si contribuyen o no al aprendizaje, considerando las limitaciones de la memoria de

trabajo: (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 memoria de largo plazo, pero que consumen recursos substanciales de la memoria de trabajo (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 memoria de trabajo 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 memoria de largo plazo. 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 memoria de trabajo (Sweller, 2010). Si una tarea supera la capacidad de la memoria de trabajo, 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 memoria de largo plazo (Van Merriënboer et al., 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.,  $2(x-5)=-22-4(2-3x)/2$ ).

Debido a que los elementos de información son esquemas que deben ser aprendidos, todos los efectos encontrados en la teoría de la carga cognitiva dependen de la cantidad de elementos interactivos. Si son almacenados en la memoria de largo plazo, 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 memoria de trabajo, el estudiante se sentirá abrumado y su desempeño será significativamente más bajo (vea Figura 4d). Por esta razón, de acuerdo con la teoría de la carga cognitiva, 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 memoria de trabajo y, en consecuencia, almacenados en la memoria de largo plazo. Otra forma de reducir la interactividad de elementos es construir la información esencial nueva sobre esquemas relevantes previos y activados (Blayney et al., 2015; Sweller et al., 2011).

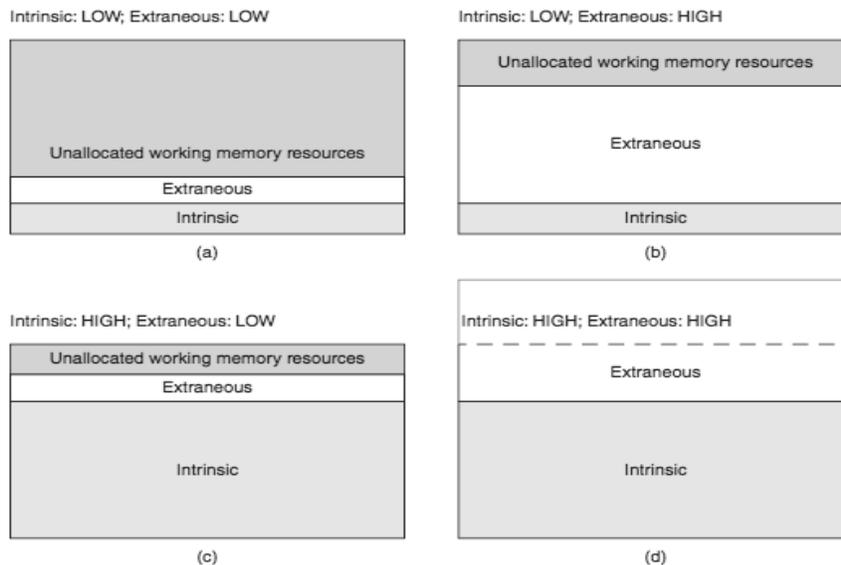


Figura 4. Relación aditiva de las cargas cognitivas intrínseca y ajena (Leppink et al., 2015, p. 218).

### La Carga Cognitiva Colaborativa

La evidencia empírica desde la teoría de la carga cognitiva 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 (Kirschner et al., 2009a; Kirschner, Paas, & Kirschner, 2011; Kirschner, Paas, Kirschner, et al., 2011). A partir de la conceptualización de los grupos como sistemas de procesamiento de información (Curşeu et al., 2008; Hinsz et al., 1997), Kirschner et al., sugirieron que la ventaja de los grupos colaborativos consiste en su mayor capacidad de memoria de trabajo 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 memorias de trabajo, 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.

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 teoría de la carga cognitiva 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).*

Sin embargo, los grupos tienen que invertir recursos cognitivos adicionales. Kirschner et al. (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 infectivo 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.

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. Habiendo encontrado que los grupos colaborativos fueron mejores en tareas más complejas como las de transferencia, 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 memoria de largo plazo. 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.

Kirschner, Paas and Kirschner (2011) probaron estas hipótesis usando un diseño y población similar al de 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). 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. 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 Kirschner et al. (2009b).

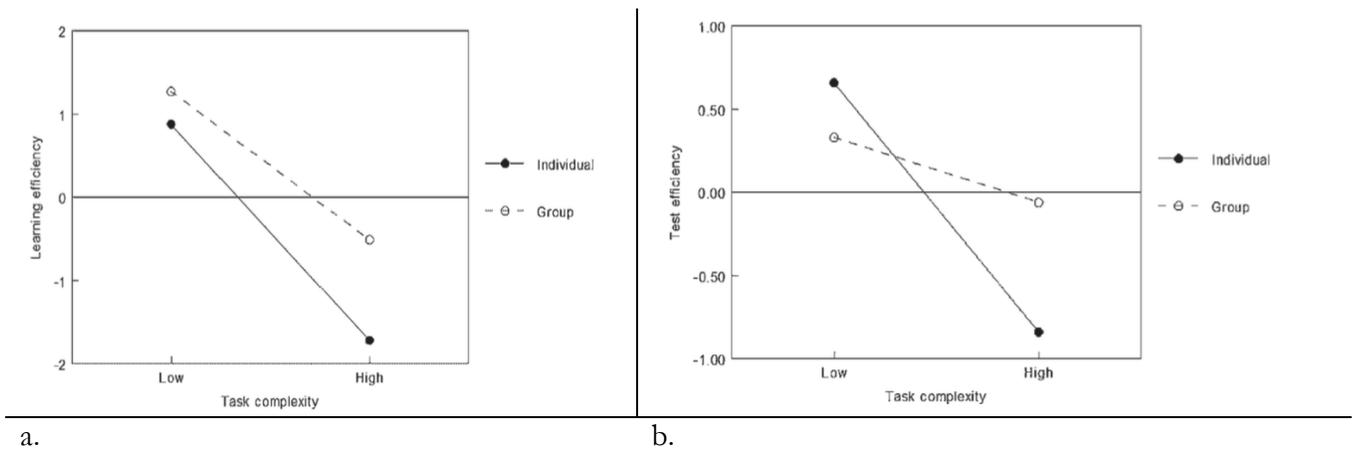


Figura 5. Eficiencia del aprendizaje individual y colaborativo en la fase de aprendizaje (a) y en la fase de evaluación (b). Tomado de Kirschner, Paas and Kirschner (2011, pp. 220-221).

En otro experimento 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. 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 último, en una investigación conducida por Zambrano R. et al. (2019a) 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. et al., 2019b) 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 teoría de la carga cognitiva 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 et al., 2016). Estas piezas de investigación no proveen evidencia empírica en línea con los hallazgos de Kirschner et al.

Las investigaciones presentadas hasta el momento muestran lo fructífero que resulta estudiar el aprendizaje colaborativo desde la perspectiva de la teoría de la carga cognitiva. Tener en cuenta los procesos cognitivos que tienen lugar durante el proceso de aprendizaje colaborativo es una promisorio 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 teoría de la carga cognitiva (Janssen et al., 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 de los estudios conducidos recientemente por el autor y las teorizaciones hechas en Kirschner et al. (2018).

## Método

### Experimento 1.1

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? Los participantes de este estudio fueron estudiantes del área de matemáticas del segundo año de bachillerato de Ecuador.

### 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 memoria de trabajo 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 memoria de trabajo 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: (1) Condición social de aprendizaje, se refiere a las condiciones (intervenciones) en las que los estudiantes adquieren los conocimientos relevantes para resolver las tareas de aprendizaje: estudiantes que aprenden grupal o individualmente. (2) Conocimiento de dominio específico, se refiere a los esquemas, representaciones mentales o estructuras de conocimientos almacenados en la memoria de largo plazo sobre cómo resolver las tareas de aprendizaje: estudiantes con y sin conocimiento previo de la tarea.

Variables Dependientes: (1) Desempeño (i.e., efectividad), 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. En la fase de aprendizaje, es la 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 es la 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. (2) Esfuerzo mental, se refiere a la percepción que tienen los participantes sobre la cantidad de recursos cognitivos invertidos para suplir las demandas impuestas por las tareas (Paas et al., 2003). Se usó la 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. (3) Eficiencia, se refiere a la tasa resultante de combinar el desempeño y el esfuerzo mental percibido (Paas & Van Merriënboer, 1994).

En la eficiencia, 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.

### **Experimento 1.2**

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 Independiente: (1) Experiencia colaborativa previa, 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 (Kirschner et al., 2018): grupos con experiencia colaborativa previa, grupos sin experiencia colaborativa previa. (2) Conocimiento de dominio específico, definida conceptual y operacionalmente del mismo modo que en el experimento 1.1.

Variables Dependientes. 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 1.1.

## Resultados

### Experimento 1.1

En resumen, los resultados obtenidos en la fase de aprendizaje 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 memoria de trabajo 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.

Además, 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 memoria de trabajo 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 1.2

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.

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**

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. Se esperaba que fuese más efectivo y eficiente aprender tareas complejas en grupos (Kirschner et al., 2018; Zhang et al., 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.

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.

Los estudiantes que aprendieron individualmente no tuvieron que invertir recursos cognitivos en actividades transaccionales. Pero al parecer, las tareas de aprendizaje demandaron más recursos cognitivos de la memoria de trabajo dejando poca capacidad para adquirir esquemas de conocimiento. Al parecer, los estudiantes que aprendieron individualmente requirieron mayor tiempo para procesar la información en la memoria de trabajo y almacenar las estructuras de conocimiento en la memoria de largo plazo (Puma et al., 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.

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 memoria de trabajo 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 memoria de largo plazo. 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.

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. 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 memoria de trabajo usados en las tareas de aprendizaje fueron mayores precisamente por la redundancia de tener conocimientos sobre cómo colaborar y sobre la tarea de aprendizaje.

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.

## Experimento 1.2

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). 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.

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 (Kirschner et al., 2018). 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 et al., 2012, 2013; Khawaja et al., 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.

En este segundo experimento también se encontró un efecto de reversión de la experticia a nivel colaborativo (Blayney et al., 2010; Kalyuga et al., 2003; Zhang et al., 2015). Debido a que los estudiantes recibieron conocimientos relevantes de la tarea de aprendizaje, se pudo observar una interacción disordinal 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 beneficiaron el aprendizaje porque permitió orientar las actividades cognitivas para construir mejores representaciones mentales de la tarea en la memoria de largo plazo.

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 memoria de trabajo 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.

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**

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 (Kirschner et al., 2018; Retnowati et al., 2016). Dado que existe evidencia que trabajar en grupos implica aprender a colaborar con otros, es plausible afirmar que los grupos pueden mejorar su desempeño y eficiencia cognitiva cuando reciben instrucción explícita sobre cómo colaborar apropiadamente (Kirschner et al., 2018). De estas conclusiones se pueden deducir las siguientes recomendaciones instruccionales:

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.

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 memorias de trabajo 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 inter-individuales, produce mejores estructuras de conocimiento a nivel grupal e individual.

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 son suficiente para que los estudiantes avanzados puedan tener mejor desempeño (adquirir mejores conocimientos) de forma eficiente.

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. 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

- 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. <https://doi.org/10.1007/s11251-009-9105-x>
- Blayney, P., Kalyuga, S., & Sweller, J. (2015). Using cognitive load theory to tailor instruction to levels of accounting students' expertise. *Journal of Educational Technology & Society*, 18(4), 199-210.
- Ciborra, C. C., & Olson, M. H. (1988). Encountering electronic work groups: A transaction costs perspective. *Office Technology and People*, 4(4), 285-298. <https://doi.org/10.1108/eb022667> (Office Technology and People)
- Curşeu, P. L., Schalk, R., & Wessel, I. (2008, 2008/08/15). How do virtual teams process information? A literature review and implications for management. *Journal of Managerial Psychology*, 23(6), 628-652. <https://doi.org/10.1108/02683940810894729> (Journal of Managerial Psychology)
- Hinsz, V. B., Tindale, R. S., & Vollrath, D. A. (1997). The emerging conceptualization of groups as information processors. *Psychological Bulletin*, 121(1), 43-64. <https://doi.org/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.). Routledge.
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9131-x>
- Kalyuga, S., Ayres, P., Chandler, P., & Sweller, J. (2003, 2003/03/01). The expertise reversal effect. *Educational Psychologist*, 38(1), 23-31. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801\\_4](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_4)
- Khawaja, M. A., Chen, F., & Marcus, N. (2012, 2012/08/01). Analysis of collaborative communication for linguistic cues of cognitive load. *Human Factors*, 54(4), 518-529. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-03655-2\\_54](https://doi.org/10.1007/978-3-642-03655-2_54)
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2011.01.001>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s11412-018-9277-y>
- 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*. John Wiley and Sons, Inc.
- 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 University Press. [http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc\\_library=BVB01&doc\\_number=018997740&line\\_number=0001&func\\_code=DB\\_RECORDS&service\\_type=MEDIA](http://bvbr.bib-bvb.de:8991/F?func=service&doc_library=BVB01&doc_number=018997740&line_number=0001&func_code=DB_RECORDS&service_type=MEDIA)
- 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. <https://doi.org/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. <https://doi.org/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. [https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801\\_8](https://doi.org/10.1207/s15326985ep3801_8)
- 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. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.1.122>
- 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. <https://doi.org/10.1007/s10648-018-9438-6>
- Retnowati, E., Ayres, P., & Sweller, J. (2010, 2010/05/01). Worked example effects in individual and group work settings. *Educational Psychology*, 30(3), 349-367. <https://doi.org/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. <https://doi.org/10.1037/edu0000167>
- 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). Springer Berlin Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-02833-9\\_15](https://doi.org/10.1007/978-3-662-02833-9_15)
- Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning and Instruction*, 4(4), 295-312. [https://doi.org/10.1016/0959-4752\(94\)90003-5](https://doi.org/10.1016/0959-4752(94)90003-5)
- Sweller, J. (2003). Evolution of human cognitive architecture. *Psychology of learning and motivation*, 43, 215-266. [https://doi.org/10.1016/s0079-7421\(03\)01015-6](https://doi.org/10.1016/s0079-7421(03)01015-6)
- Sweller, J. (2008, 2008/10/23). Instructional implications of David C. Geary's evolutionary educational psychology. *Educational Psychologist*, 43(4), 214-216. <https://doi.org/10.1080/00461520802392208>
- Sweller, J. (2010). Element interactivity and intrinsic, extraneous, and germane cognitive load. *Educational Psychology Review*, 22(2), 123-138. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9128-5>

- Sweller, J. (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). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-29986-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-319-29986-0_12)
- Sweller, J. (2016b). Working memory, long-term memory, and instructional design. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 5(4), 360–367. <https://doi.org/10.1016/j.jarmac.2015.12.002>
- Sweller, J., Ayres, P., & Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8126-4>
- Sweller, J., & Chandler, P. (1994, 1994/09/01). Why some material is difficult to learn. *Cognition and Instruction*, 12(3), 185-233. [https://doi.org/10.1207/s1532690xc1203\\_1](https://doi.org/10.1207/s1532690xc1203_1)
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. G., & Paas, F. (2019). Cognitive architecture and instructional design: 20 years later. *Educational Psychology Review*, 31, 261–292. <https://doi.org/10.1007/s10648-019-09465-5>
- 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. <https://doi.org/10.1002/acp.1250>
- Zambrano R., J., Kirschner, F., & Kirschner, P. A. (2018). 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. 112-119). International Society of the Learning Sciences. <https://repository.isls.org/handle/1/478>
- Zambrano R., J., Kirschner, F., Sweller, J., & Kirschner, P. A. (2019a). Effects of group experience and information distribution on collaborative learning. *Instructional Science*, 47(5), 531–550. <https://doi.org/10.1007/s11251-019-09495-0>
- Zambrano R., J., Kirschner, F., Sweller, J., & Kirschner, P. A. (2019b). Effects of prior knowledge on collaborative and individual learning. *Learning and Instruction*, 63, Article 101214. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2019.05.011>
- 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. Hybrid Learning: Innovation in Educational Practices: 8th International Conference, ICHL 2015, Wuhan, China, July 27-29, 2015, Proceedings,