

Artículo

El ejemplo resuelto como instrumento de descarga cognitiva en la enseñanza de las Ciencias Sociales

Arnau Cuesta Navarro¹ y Judit Sabido-Codina²

¹ Instituto Escuela La Mina (Barcelona, España).

² Universidad de Barcelona / Universidad de Vic-Universidad Central de Cataluña.

INFORMACIÓN

Recibido: Noviembre 18, 2021
Aceptado: Mayo 25, 2022

Palabras clave:

Teoría de la carga cognitiva
Ejemplo resuelto
Aprendizaje basado en problemas
Didáctica de las ciencias sociales

RESUMEN

La presente investigación analiza los efectos de la presentación de ejemplos resueltos basados en la resolución de problemas en procesos reales de aprendizaje de las Ciencias Sociales (CCSS). El estudio de ejemplos resueltos constituye una de las estrategias didácticas más robustas según la teoría de la carga cognitiva, no obstante, las investigaciones se han centrado sobre todo en dominios muy estructurados como las matemáticas. Concretamente, el estudio ha realizado dos experimentos para comparar el rendimiento, el esfuerzo mental y la eficiencia del aprendizaje en cuatro grupos de 1º de ESO que abordaban contenidos curriculares relativos a la cultura y el arte de la Grecia y Roma antiguas de la asignatura de CCSS. Dos de los grupos fueron asignados a disponer de ejemplos resueltos antes de realizar la actividad exploratoria guiada. Los datos confirman que determinados diseños de ejemplos resueltos permiten mejorar el rendimiento y la eficiencia del aprendizaje. No obstante, no todos los ejemplos resueltos son efectivos, dado que las características propias de los problemas de dominios poco estructurados como las CCSS obligan a que los ejemplos resueltos sean muy próximos al problema que se plantea inmediatamente después.

The worked example as a cognitive offloading tool in Social Science teaching

ABSTRACT

The present research analyses the effects of the presentation of worked examples in real social science learning processes based on problem-solving. The study of worked examples constitutes one of the most robust instructional strategies according to the cognitive load theory. However, research has focused mainly on well-structured domains, such as mathematics. Specifically, the study employs two experiments to compare the performance, mental effort, and learning efficiency in four 1st-grade groups of Secondary Compulsory Education learning curricular content about Ancient Greek and Roman Art and Culture in the Social Science class. Two of the groups were assigned worked examples before carrying out the guided exploratory activity. The data confirm that certain designs of worked examples improve performance and learning efficiency. However, not all worked examples are effective, as the problem characteristics in ill-structured domains, such as Social Science, require the worked examples be very close to the problem that is planned immediately afterward.

Keywords:

Cognitive load theory
Worked example
Problem-based learning
Social science teaching

Introducción

Los enfoques educativos más cercanos a los principios constructivistas de la exploración, el descubrimiento y la creatividad han vivido un auge importante durante las últimas décadas. En general, el aprendizaje por descubrimiento tiene lugar cuando el docente no proporciona directamente todos los contenidos o conceptos objetivo de aprendizaje a los alumnos, sino que éste los debe descubrir por sí mismo (Prats y Santacana, 2011). Uno de los enfoques más conocidos dentro de estas metodologías es el Aprendizaje Basado en Problemas (ABP). El enfoque ABP ha sido tratado en múltiples estudios de las ciencias sociales de distintos ciclos educativos (De la Calle, 2016; García de la Vega, 2010; Gómez y Ruiz, 2017; Nieto, 2019; Santos, 2012; Vidal, Castillo y Castillo, 2018), dando resultados muy positivos tanto en el clima de aula como en la creación de aprendizaje. Todos estos estudios entienden el ABP como una metodología de aprendizaje activo centrada en el alumno, que plantea a los estudiantes un problema real. Según la teoría de la carga cognitiva, la resolución de problemas constituye una tarea cognitiva compleja, en la que están involucrados un gran número de elementos interactivos que se deben procesar simultáneamente en la memoria de trabajo para finalizar con éxito estas tareas y aprender (Sweller, 1988; Sweller et al., 1998; Van Merriënboer y Sweller, 2005). Por lo tanto, el enfoque ABP impone una alta demanda de recursos cognitivos sobre la memoria de trabajo, que dispone de una capacidad limitada. La utilización de ejemplos resueltos es probablemente la mejor técnica conocida para la reducción de la carga cognitiva (Paas, Renkl et al., 2003).

El principal objetivo del presente estudio es determinar la existencia del efecto del ejemplo resuelto en contextos educativos reales de aprendizaje de las ciencias sociales con enfoque ABP. Esto supone comparar un escenario de aprendizaje basado únicamente en un proceso de descubrimiento con otro escenario en el que se presenta un ejemplo resuelto como paso previo a la realización de esa misma actividad aprendizaje. Varios estudios del ámbito de la teoría de la carga cognitiva han demostrado que los ejemplos resueltos son una herramienta que permite mejorar el aprendizaje. A pesar de que gran parte de la literatura científica se ha centrado en dominios muy estructurados, como por ejemplo las matemáticas, también existen evidencias científicas de la existencia del efecto resuelto en dominios poco estructurados (Hilbert y Renkl, 2009; Hoogveld et al., 2005; Nievelein et al., 2010; Rourke y Sweller 2009; Rummel y Spada, 2005; Schworm y Renkl, 2007; Van Gog et al. 2006; 2008). La asignatura de ciencias sociales del currículo de secundaria pertenece precisamente al ámbito de los dominios de conocimiento poco estructurados. Hasta ahora, no tenemos constancia de la existencia de ningún estudio que ponga a prueba el efecto del ejemplo resuelto en el ámbito de las ciencias sociales entre estudiantes de educación secundaria. En general, la investigación sobre el ejemplo resuelto en contextos educativos reales es escasa, ya que los estudios se han desarrollado de manera mayoritaria en condiciones experimentales.

Algunas críticas a la existencia del efecto del ejemplo resuelto destacan que su demostración se basa en el uso de un grupo de control inadecuado. En los experimentos en condiciones de laboratorio, se suele pedir a los estudiantes del grupo de control que resuelvan problemas con poco o sin ningún tipo de apoyo. No obstante, en situaciones educativas reales, los profesores

proporcionarían ayudas a los estudiantes que no son capaces de resolver el problema (Koedinger y Aleven, 2007). Es cierto que dentro de los métodos de aprendizaje por descubrimiento existe la posibilidad de proporcionar a los aprendices una guía mínima, pero también se puede plantear la posibilidad de proporcionar una guía más intensiva. En este sentido, también se han publicado estudios que demuestran que el efecto del ejemplo resuelto existe incluso ante metodologías de instrucción a través de resolución de problemas que contaban con mucho apoyo, pero estos se han desarrollado en dominios muy estructurados (Schwonke et al., 2009). El presente estudio sigue precisamente la línea de investigación que compara la utilización de ejemplos resueltos en grupos experimentales con una instrucción con enfoque ABP con toda la guía necesaria en grupos de control. Además, actualmente el aprendizaje colaborativo goza de una importante popularidad en las aulas de secundaria, siendo ampliamente considerado como una estrategia que conduce a un aprendizaje más profundo y significativo. Por este motivo y al insertarse el presente estudio en un contexto educativo real, todos los grupos analizados han participado en actividades que implican un trabajo colaborativo durante la fase de adquisición.

En la actualidad, el estudio más cercano en cuanto a diseño y fines es de los investigadores Rourke y Sweller (2009), que estudiaron el efecto del ejemplo resuelto en un entorno real de aprendizaje en el ámbito de la historia del diseño. Esta investigación utilizó una muestra de estudiantes de nivel universitario. El estudio de Rourke y Sweller (2009) permitió confirmar que los aprendices noveles con un nivel moderado de alfabetización visual que estudiaban ejemplos resueltos durante una fase de aprendizaje tenían más éxito que el resto de los estudiantes.

Teoría de la carga cognitiva

La teoría de la carga cognitiva combina el conocimiento más reciente sobre la arquitectura cognitiva humana, las estructuras de información y sus implicaciones didácticas para proporcionar un marco teórico adecuado para el diseño didáctico (Sweller et al., 1998). Esta arquitectura cognitiva humana está basada en una memoria de trabajo de capacidad limitada que se encarga de procesar todas las actividades conscientes y una memoria a largo plazo de capacidad ilimitada o prácticamente ilimitada que almacena esquemas de información con diversos grados de automatización. Según la teoría de la carga cognitiva, antes de que la información pueda ser almacenada en la memoria a largo plazo, es necesario que ésta sea procesada en la memoria de trabajo. La facilidad con que se puede procesar la información en la memoria de trabajo es uno de los principales focos de atención de la teoría de la carga cognitiva (Van Merriënboer y Sweller, 2005). El objetivo de los investigadores en este ámbito es proporcionar una guía que permita optimizar el volumen de carga cognitiva que las distintas intervenciones didácticas imponen sobre la memoria de trabajo para conseguir un mejor aprendizaje.

La memoria de trabajo tiene una duración y una capacidad muy limitadas a la hora de procesar nueva información, si bien distintas investigaciones han arrojado diferentes resultados. Esto puede atribuirse a que los límites prácticos para la memoria de trabajo fluctúan dependiendo de las circunstancias (Cowan, 2010). El estudio científico de la memoria se remonta a Hermann Ebbinghaus, quien examinó la adquisición y olvido de nueva información

en forma de series de sílabas sin sentido (1885/1913). Algunos estudios apuntan que casi toda la información en la memoria de trabajo que se deje de ejercitar se pierde en 30 segundos (Peterson y Peterson, 1959). Por otra parte, sabemos que la capacidad de la memoria de trabajo está restringida a un número muy reducido de elementos (Miller, 1956). Un elemento es cualquier cosa que hay que aprender o procesar, o que se haya aprendido o procesado. El número total de elementos que pueden convivir simultáneamente en la memoria de trabajo podría estar limitado a siete (Miller, 1956), aunque estudios más recientes apuntan a que podría estar limitado a 3 a 5 elementos en adultos jóvenes (Cowan, 2010). Sin embargo, cualquier interacción entre estos elementos requiere capacidad de memoria de trabajo adicional que limita aún más el número de elementos que puede retener la memoria de trabajo de manera simultánea. Este es el caso de actividades de procesamiento de información como, por ejemplo, organizar, contrastar y comparar. En estos casos, el número de elementos que se pueden procesar de manera simultánea desciende hasta dos o tres (Cowan, 2001; Sweller et al., 1998).

Las limitaciones de la memoria de trabajo sólo se aplican a la información nueva. En cambio, éstas desaparecen cuando se trata de información adquirida con anterioridad y depositada en la memoria a largo plazo bajo la forma de esquemas. Esta información se puede recuperar de la memoria a largo plazo hacia la memoria de trabajo durante periodos de tiempo indefinidos. Además, no existen límites conocidos para la cantidad de información que se podría recuperar (Kirschner et al., 2006).

La habilidad para solucionar problemas está íntimamente ligada con la experiencia depositada en la memoria a largo plazo, que permite seleccionar y aplicar los mejores procesos para la resolución de problemas. Las personas hábiles en un ámbito lo son en la medida en que la memoria a largo plazo contiene una gran cantidad de información sobre ese mismo ámbito. Esta información permite identificar rápidamente las características de una situación concreta y cuál es la respuesta más adecuada. Por lo tanto, la memoria a largo plazo representa una base de conocimiento masiva que es central para todas nuestras actividades basadas en la cognición (Kirschner et al., 2006).

La comprensión de esta arquitectura humana tiene implicaciones en el diseño pedagógico y nos conduce a la necesidad de optimizar la carga cognitiva impuesta por los procesos didácticos. En este sentido, la teoría de la carga cognitiva presta mucha atención a los procedimientos para presentar información nueva a los estudiantes de una manera que reduzca una carga cognitiva innecesaria, y se refuercen aquellos aspectos de la carga cognitiva que conducen al aprendizaje. Los materiales didácticos pueden presentar niveles de carga cognitiva muy diversos en función del número de elementos que deben procesarse en la memoria de trabajo, el número de elementos que se deben procesar de forma simultánea y el nivel de interactividad entre los elementos. Sin embargo, los niveles de interactividad no se pueden determinar simplemente analizando un material didáctico, ya que para algunos aprendices un número indeterminado de elementos puede constituir un único elemento gracias a un proceso previo de construcción de esquemas (Sweller et al., 1998).

Podemos dividir la carga cognitiva que se impone a la memoria de trabajo en tres categorías según su función (Paas et al. 2003; Sweller et al., 1998; Van Merriënboer y Sweller, 2005).

La carga cognitiva intrínseca tiene su origen en la estructura básica de los contenidos que el alumno debe adquirir. Por lo tanto, es ajena a los procedimientos o diseño didáctico que se utilizan (Sweller et al., 2011). La carga cognitiva intrínseca está íntimamente ligada a la experiencia o los conocimientos previos, ya que los estudiantes con muchos conocimientos previos probablemente habrán incorporado diversos elementos de información presentados en los materiales de aprendizaje dentro de un único esquema cognitivo. Como este esquema se puede tratar como un solo elemento en la memoria de trabajo, la carga cognitiva intrínseca será menor. Además, los diferentes materiales didácticos difieren en su nivel de interactividad entre los elementos. La carga cognitiva intrínseca no puede manipularse a través del diseño didáctico. La única posibilidad que existe a nuestro alcance es diseñar una actividad de aprendizaje más sencilla que omita algunos elementos interactivos para reducir la carga cognitiva intrínseca. La omisión de elementos esenciales puede llegar a comprometer la comprensión profunda de los contenidos, pero puede ser inevitable en casos de actividades con una alta y compleja interactividad entre los elementos (Paas, Renkl et al., 2003).

La carga cognitiva extrínseca se impone en la memoria de trabajo por la forma en que se presenta la información o las actividades a los estudiantes. Por lo tanto, el diseño del material puede imponer una carga cognitiva adicional que, en muchos casos, es innecesaria y ajena a los objetivos de aprendizaje (Sweller et al., 2011). Por ejemplo, se puede imponer una carga cognitiva extrínseca debido a la utilización de metodologías basadas en la resolución de problemas, la integración de fuentes de información que se encuentran dispersas en el espacio o en el tiempo o la necesidad de buscar la información necesaria para completar una actividad de aprendizaje (Van Merriënboer y Sweller, 2005).

Finalmente, la carga cognitiva relevante es la carga relacionada con procesos que contribuyen a la construcción y automatización de esquemas (Paas, Renkl et al., 2003; Van Merriënboer y Sweller, 2005). La definición de esta tipología de carga cognitiva fue necesaria para explicar los efectos de la variabilidad de los materiales presentados a los aprendices. Esta variabilidad anima a los estudiantes a construir esquemas cognitivos, ya que aumenta la probabilidad de que puedan identificar características similares y distinguir las características relevantes de las irrelevantes en un problema a resolver (Van Merriënboer y Sweller, 2005).

Las diferentes tipologías de carga cognitiva son aditivas. Por lo tanto, la suma de las diferentes cargas cognitivas da como resultado la carga cognitiva total. Los recursos de memoria de trabajo de que dispone el estudiante deberán igualar o superar esta carga cognitiva total. Si los recursos de memoria de trabajo son insuficientes para procesar la carga cognitiva impuesta por la actividad, el sistema cognitivo del estudiante no será capaz de procesar la información necesaria, el procesamiento de la información necesaria puede resultar difícil y, por tanto, podría ser que el aprendizaje no se efectuara (Sweller et al., 2011). Determinar si el diseño del material didáctico plantea un problema para los estudiantes depende en gran medida de la carga cognitiva intrínseca. Es decir, si la carga intrínseca es elevada, habrá que reducir la carga cognitiva extrínseca. En cambio, si la carga intrínseca es baja, una carga cognitiva extrínseca elevada no necesariamente debe ser perjudicial para la carga cognitiva total, puesto que ésta se encuentra dentro de los límites de capacidad

de la memoria de trabajo (Van Merriënboer y Sweller, 2005). Así pues, la teoría de la carga cognitiva pretende evitar tanto la sobrecarga cognitiva como la infrautilización de la memoria de trabajo porque cualquiera de las dos perjudica el aprendizaje (Young y Stanton, 2002). Esto implica reducir la carga cognitiva extrínseca que no contribuye al aprendizaje y aumentar la carga cognitiva relevante que sí favorece el aprendizaje (Paas, Renkl et al., 2003; Paas y Van Gog, 2006).

El efecto del ejemplo resuelto

La resolución de problemas es fundamental para un procedimiento de instrucción que propugna una guía didáctica mínima o didáctica basada en la investigación. El proceso de búsqueda de soluciones a problemas requiere que el alumnado procese un gran número de elementos interrelacionados entre ellos, que no pueden considerarse aisladamente. Esta complejidad genera un exceso de carga cognitiva (Rittle-Johnson, 2006; Sweller, 1988; Sweller et al., 2011). Esta carga de memoria de trabajo podría dificultar el aprendizaje, dado que mientras la memoria de trabajo se utiliza para buscar la solución al problema no se puede utilizar para aprender (Kirschner et al., 2006).

La presentación y estudio de ejemplos resueltos constituye una de las estrategias didácticas más robustas para reducir la carga cognitiva extrínseca y aumentar sustancialmente la eficacia del aprendizaje en las metodologías basadas en la resolución de problemas (Sweller et al., 2011). Los ejemplos resueltos son una herramienta que puede evitar el uso de estrategias poco eficientes en la resolución de problemas. Esto debería permitir reducir la carga cognitiva extrínseca que se impone sobre la memoria de trabajo (Carroll, 1994; Cooper y Sweller, 1987; Ward y Sweller, 1990) y dirigir más recursos de la memoria de trabajo hacia actividades que faciliten el aprendizaje y la transferencia, que identificamos con la carga cognitiva relevante (Paas y Van Gog, 2006).

Una parte considerable de la investigación ha demostrado que los estudiantes se benefician mucho más del estudio de ejemplos resueltos que de metodologías puras basadas en la resolución de problemas. En concreto, es más eficiente para el aprendizaje, se alcanzan mejores resultados de aprendizaje y con una inversión de tiempo menor para la automatización de esquemas y procedimientos (Atkinson et al., 2000; Cooper y Sweller, 1987; Paas y Van Gog, 2006; Reisslein et al., 2006; Sweller, 2004; Sweller et al., 1998; 2011; Van Gog et al., 2006). Este fenómeno se conoce como efecto de ejemplo resuelto (Sweller et al., 2011).

No existe una definición precisa sobre qué es un ejemplo resuelto, pero sí que existen una serie de características comunes que se pueden atribuir a los ejemplos resueltos (Atkinson et al., 2000). Los ejemplos resueltos incluyen una formulación de un problema, un procedimiento paso a paso para la resolución del problema y el resultado. Precisamente, los ejemplos resueltos permiten al estudiante dedicar toda la capacidad cognitiva disponible a estudiar el procedimiento de resolución, incluyendo la relación entre los diferentes estados del problema y los operadores necesarios para avanzar entre estos estados, con el fin de extraer reglas generales y construir un esquema cognitivo para resolver los problemas (Anderson y Fincham, 1994; Sweller et al., 2011). De este modo, los estudiantes podrán resolver problemas similares y otros problemas para los que habrá que adaptar parte del procedimiento de resolución (Cooper y Sweller 1987; Paas, 1992; Paas y Van Merriënboer, 1994).

El estudio de ejemplos resueltos es más eficaz que la resolución de problemas especialmente para principiantes, que tienen pocos o ningún conocimiento previo. En cambio, puede ser menos eficaz o incluso ineficaz para los estudiantes con más conocimientos (Kalyuga, 2007). Además, el diseño de los ejemplos juega un papel crucial (Tarmizi y Sweller, 1988). Un ejemplo resuelto que presente un diseño con una mala estructura o bien una mala exposición puede llegar a ser menos eficaz que un método para resolución de problemas convencional (Sweller et al., 2011; Van Gog y Rummel, 2010).

Didáctica de las ciencias sociales y ejemplos resueltos

La mayor parte de la investigación sobre el ejemplo resuelto se ha centrado en el estudio del diseño de métodos didácticos en materias de dominios muy estructurados. Disponemos de demostraciones del efecto resuelto en ámbitos como el álgebra (Carroll, 1994; Cooper y Sweller, 1987), la estadística (Paas, 1992; Quilici y Mayer, 1996), la geometría (Paas y Van Merriënboer, 1994; Schwonke et al. 2009; Tarmizi y Sweller, 1988) y la física (Reisslein et al., 2006; Van Gog et al., 2006; Ward y Sweller, 1990). Por el contrario, la investigación en el ámbito de la carga cognitiva y el ejemplo resuelto ha puesto menos énfasis en materias poco estructuradas, como por ejemplo las ciencias sociales.

Los problemas de dominios muy estructurados implican la aplicación de un número restringido de reglas y principios a una situación problemática limitada, que consiste en un estado inicial bien definido, un estado objetivo conocido y un conjunto restringido de operadores lógicos (Jonassen, 1997). Por el contrario, los problemas de dominios poco estructurados pueden presentar múltiples soluciones, vías de resolución y parámetros que son menos manipulables. Asimismo, presentan una mayor incertidumbre sobre los conceptos, reglas y principios que son necesarios, la forma en que estos se organizan y cuál es la mejor solución (Jonassen, 1997). Estas diferencias, se ven reflejadas también en el diseño de los ejemplos resueltos en el ámbito de las ciencias sociales. De hecho, algunos autores consideran que el efecto del ejemplo resuelto no puede obtenerse en dominios poco estructurados (Spiro y DeSchryver, 2009). Sin embargo, algunos estudios han demostrado que los ejemplos resueltos también pueden ser eficaces en algunos dominios poco estructurados. Actualmente disponemos de demostraciones en ámbitos como la implementación de un modelo de diseño didáctico (Hoogveld et al., 2005), la adquisición de habilidades argumentativas (Schworm y Renkl, 2007), la construcción de mapas conceptuales (Hilbert y Renkl, 2009), el reconocimiento de diferentes estilos de diseño (Rourke y Sweller 2009), el razonamiento de casos legales (Nievalstein et al., 2010), la colaboración (Rummel y Spada, 2005) y la resolución de problemas en circuitos eléctricos (Van Gog et al. 2006; 2008).

Es importante destacar que los ejemplos resueltos de dominios muy estructurados presentan un único nivel de contenido relacionado con el dominio de estudio. Aunque las formulaciones de problemas pueden incluir historias sencillas de presentación, éstas corresponden a aspectos meramente superficiales de los ejemplos. Así pues, los aprendices sólo deben entender la descripción de una situación relativamente sencilla, pero el alumnado normalmente no presenta problemas importantes en este sentido (Renkl et al., 2009). En cambio, en ejemplos resueltos de dominios poco

estructurados los estudiantes deben procesar e integrar al menos dos niveles de contenido para sacar provecho del estudio de un ejemplo. Por un lado, el dominio objetivo de aprendizaje. Por otro lado, el dominio del ejemplo resuelto que sirve para ejemplificar (Renkl et al., 2009). Aunque los contenidos ejemplificativos se pueden percibir como características superficiales, en realidad es imprescindible que los principios básicos del dominio ejemplificador sean entendidos por los aprendices (Renkl et al., 2009). Adicionalmente, otros ejemplos resueltos pueden presentar un tercer nivel de contenido, que corresponde a una explicación de los procesos cognitivos típicos de un experto para la resolución de un problema (Renkl et al., 2009).

Metodología

Participantes

Para la realización de la presente investigación se hicieron dos experimentos consecutivos en cuatro grupos de 1º de la ESO. En cada uno de los experimentos, se plantea la misma actividad de aprendizaje basado en problemas (ABP) a todos los grupos. La actividad se inserta dentro del currículo de la asignatura de ciencias sociales. En concreto, se abordan los contenidos curriculares relativos a la cultura y el arte de la Grecia y Roma antiguas. Dos de los grupos de 1º de la ESO realizan únicamente la actividad de aprendizaje propuesta en cada uno de los experimentos, mientras que los otros dos grupos de 1º de la ESO participan en la presentación y análisis de un ejemplo resuelto previo a la realización de la actividad de aprendizaje. Para la realización de cada uno de los experimentos se dispone de dos sesiones de 50 minutos.

Concretamente, la muestra está formada por 89 estudiantes de cuatro grupos de 1º de ESO. Un total de 69 estudiantes completaron el primer experimento y 62 estudiantes completaron el segundo experimento. La cifra de estudiantes que completó tanto el primer como el segundo experimento asciende a 54. Para facilitar la comparación e interpretación de los datos, el presente estudio se ha limitado a analizar la muestra de estudiantes que realizó los dos experimentos. Todos los estudiantes presentaban edades comprendidas entre los 12-13 años, excepto en aquellos casos en los que se hubiera producido una repetición de curso. La distribución por género fue del 70,34% de hombres ($n = 38$) y 29,62% de mujeres ($n = 16$). El centro educativo en el que se realizaron los experimentos agrupa el alumnado de 1º de la ESO de manera heterogénea a partir de la información proporcionada por los centros de Educación Primaria de procedencia. Por tanto, se puede asumir que los cuatro grupos analizados son comparables entre sí y no presentan grandes diferencias a nivel de capacidades o conocimientos previos que invaliden la comparación de los datos.

De manera aleatoria se designaron dos de los cuatro grupos como grupos de control, que llamamos grupo de control 1 y grupo de control 2. Los dos grupos restantes se designaron como grupos experimentales, que llamamos grupo experimental 1 y grupo experimental 2. El grupo de control 1 estaba formado por 23 estudiantes, de los que 17 completaron ambos experimentos. La distribución por género fue del 64,70% de hombres ($n = 11$) y 35,29% de mujeres ($n = 6$). El grupo de control 2 estaba formado por 21 estudiantes, de los que 12 completaron ambos experimentos. La distribución por género fue del 83,33% de hombres ($n = 10$) y

16,66% de mujeres ($n = 2$). El grupo experimental 1 estaba formado por 23 estudiantes, de los que 16 completaron ambos experimentos. La distribución por género fue del 62,50% de hombres ($n = 10$) y 37,50% de mujeres ($n = 6$). El grupo experimental 2 estaba formado por 22 estudiantes, de los cuales 9 completaron ambos experimentos. La distribución por género fue del 77,77% de hombres ($n = 7$) y 22,22% de mujeres ($n = 2$).

Instrumentos

Para cada experimento se ha confeccionado un ejemplo resuelto y una actividad con enfoque ABP¹. Los materiales de aprendizaje de cada experimento son estructuralmente idénticos y presentan el mismo dominio objetivo de aprendizaje. La única diferencia reside en las estructuras superficiales y el dominio específico que sirve para ejemplificar el problema. Sin embargo, en el primer experimento, el dominio ejemplificador es mucho más cercano entre el ejemplo resuelto y la actividad de descubrimiento posterior que en el segundo experimento.

En el primer experimento, el ejemplo resuelto conserva el mismo formato que la actividad de aprendizaje e incluso las estructuras superficiales guardan una estrecha relación. Así pues, el ejemplo resuelto plantea una situación verosímil a partir de la cual se detallan los pasos para realizar una clasificación de obras escultóricas de diferentes civilizaciones del mundo antiguo. El ejemplo está resuelto para que los estudiantes de los grupos experimentales puedan analizarlo, estudiarlo y consultarlo en cualquier momento del proceso de resolución del problema de la actividad principal. El ejemplo debería permitir al alumnado analizar e interiorizar las estrategias de resolución de la tipología de problemas presentada, puesto que son idénticas a las del problema que deben a continuación. Por otro lado, tanto el ejemplo resuelto como la posterior actividad de aprendizaje presentan la escultura como eje vertebrador de la actividad y, por tanto, un dominio ejemplificador muy cercano. En concreto, el ejemplo resuelto aborda la escultura de tres civilizaciones de la antigüedad y la actividad de descubrimiento posterior se centra en las tres grandes etapas de la escultura clásica griega.

En el segundo experimento, el ejemplo resuelto también conserva el mismo formato que la actividad de aprendizaje. El ejemplo plantea una situación verosímil a partir de la cual se aplican estrategias para distinguir estilos arquitectónicos a partir de imágenes. Aunque el formato de la actividad de aprendizaje es idéntico al del ejemplo, las estructuras superficiales están más alejadas que en el primer experimento. El eje vertebrador es la arquitectura clásica, pero mientras que el ejemplo resuelto centra su atención en las diferencias arquitectónicas que presentan los teatros griegos y romanos, la actividad de aprendizaje plantea un problema relacionado con la distinción de los órdenes arquitectónicos griegos.

Las actividades están diseñadas para llevarse a cabo de manera cooperativa en grupos de 3-4 alumnos. Éstas se entregan al alumnado en formato papel y, paralelamente, se realiza una presentación oral con soporte visual de la actividad. El alumnado también recibe el ejemplo resuelto en formato papel, que es presentado oralmente paso a paso con apoyo visual.

Adicionalmente, se ha confeccionado una prueba de transferencias para cada uno de los experimentos. Se trata de una prueba de corrección objetiva de respuesta cerrada que pone a

¹ Disponibles en el siguiente enlace <https://cutt.ly/1GNLcKW>

prueba las competencias y contenidos objetivos de aprendizaje. A diferencia de la actividad anterior, esta prueba se responde de manera individual.

Finalmente, se ha confeccionado un cuestionario para el cálculo subjetivo de la carga cognitiva. El cuestionario ha sido elaborado utilizando una escala de Likert de cinco niveles, en la que debían asignar un valor al esfuerzo mental percibido durante el proceso de aprendizaje.

Procedimiento

Los experimentos se realizaron entre los días 10 y 18 de marzo de 2021. Cada experimento se lleva a cabo en dos sesiones de 50 minutos. La primera sesión se dedicaba exclusivamente a la realización de la actividad de aprendizaje basada en la resolución de problemas. En los grupos experimentales, al inicio de esta sesión también se realizaba la presentación del ejemplo resuelto. Las actividades de aprendizaje se realizaban en grupos de 3-4 estudiantes. La segunda sesión se dedica a la realización de la prueba de transferencia de aprendizajes y responder el cuestionario sobre el esfuerzo mental percibido durante el aprendizaje. Los estudiantes completaban la prueba de transferencia y el cuestionario de manera individual.

A diferencia de otros estudios, que suelen comparar el aprendizaje basado en ejemplos con la resolución de problemas en gran medida sin apoyo (Atkinson et al., 2000), el presente estudio proporciona a todos los estudiantes ayudas educativas durante el desarrollo de la actividad y una retroalimentación constante a lo largo de las diferentes etapas de la resolución del problema. Esta retroalimentación inmediata es importante, especialmente en los grupos de control, para evitar que los estudiantes persistan en seguir caminos improductivos para la resolución de los problemas. Esto nos permite comparar un escenario de aprendizaje basado en ejemplos resueltos con una situación educativa real con enfoque ABP. La resolución de problemas sin apoyo puede suponer una carga cognitiva extrínseca elevada para el alumnado que se caracteriza por errores reiterados y procedimientos de búsqueda improductivos (Sweller et al., 1998). La resolución guiada de problemas podría aliviar significativamente la carga cognitiva impuesta a los estudiantes y anular superioridad en el aprendizaje a partir de ejemplos en comparación con la resolución de problemas guiada (Schwonke et al., 2009).

Análisis de datos

Para determinar la existencia del efecto del ejemplo resuelto, el cálculo de la carga cognitiva que se impone a la memoria de trabajo de los grupos de control como los grupos experimentales es esencial. En este estudio se han seleccionado los indicadores que gozan de mayor consenso entre la comunidad científica en el ámbito de la teoría de la carga cognitiva y cuya aplicación sea viable en un contexto educativo real con los recursos materiales y económicos disponibles.

Cálculo indirecto a través de pruebas de rendimiento

La evaluación en el ámbito educativo se ha centrado tradicionalmente en el rendimiento definido en términos

de la consecución del alumno. Éste se mide por el número de respuestas correctas, el número de errores o el tiempo de realización de la tarea (Van Merriënboer y Sweller, 2005). Los datos de rendimiento obtenidos en pruebas de transferencia de aprendizajes aportan también un cálculo indirecto de la carga cognitiva. Esto es así porque una carga cognitiva más elevada a menudo implica un aumento del número de errores y ralentiza el tiempo de adquisición de los aprendizajes (Paas y Van Merriënboer, 1994; Sweller et al., 1990). Por lo tanto, según las premisas de la teoría de la carga cognitiva, los estudiantes que hayan recibido una instrucción con instrumentos de descarga cognitiva deberían obtener mejores resultados en la prueba de transferencia de aprendizajes. En el presente estudio, los valores del rendimiento se obtienen a través de pruebas de evaluación individuales de corrección objetiva de respuesta cerrada que ponen a prueba las competencias y contenidos objetivos de aprendizaje. La elección de pruebas de evaluación objetiva se justifica por el hecho de que éstas no pueden dar lugar a dudas en la corrección y permiten distinguir con precisión los distintos niveles de rendimiento entre los alumnos.

Cálculo subjetivo del esfuerzo mental a través de cuestionarios

El cálculo subjetivo del esfuerzo mental por parte de los alumnos constituye el principal instrumento de medida subjetiva de la carga cognitiva. La utilización de este indicador se fundamenta en la argumentación que los aprendices son capaces de realizar un ejercicio de introspección sobre sus propios procesos cognitivos y comunicar de manera adecuada el nivel de esfuerzo mental invertido en el aprendizaje (Paas, 1992; Paas, Tuovinen et al., 2003; Sweller, 1998). Así pues, los estudiantes que hayan recibido una instrucción con instrumentos de descarga cognitiva deberían atribuir un nivel de esfuerzo mental inferior al de los estudiantes que han recibido una instrucción sin ningún instrumento de descarga cognitiva (Paas, 1992). Normalmente, este cálculo del esfuerzo mental se realizaba utilizando una escala Likert de 9 niveles, no obstante ya son varios las investigaciones que utilizan escala de Likert de 5 niveles (Ospina et al., 2005). Para el presente estudio, se ha optado por utilizar una escala Likert de 5 niveles debido al perfil del alumnado. Al tratarse de estudiantes en 1º de la ESO, que todavía no cuentan con capacidades metacognitivas completamente desarrolladas, una escala de demasiados niveles hubiera podido generar distorsiones en el resultado si el alumnado no es capaz de detectar las variaciones sutiles entre un nivel y el siguiente.

Cálculo de la eficiencia del aprendizaje

El tercer indicador utilizado en el presente estudio combina los dos indicadores anteriores. Paas y Merriënboer (1993) desarrollaron un enfoque computacional para combinar los datos de rendimiento con los datos de esfuerzo mental para poder comparar la eficiencia de las diferentes metodologías didácticas. La eficiencia del aprendizaje puede ser un buen indicador de la adquisición y automatización de esquemas (Sweller et al., 2011). En este enfoque, un rendimiento alto asociado con un esfuerzo bajo corresponde a una eficiencia instructiva elevada, mientras que el rendimiento bajo con un esfuerzo elevado

corresponde a una eficiencia instructiva baja (Paas, Tuovinen et al., 2003). Para obtener este valor, deben estandarizarse puntuaciones de rendimiento (P) y esfuerzo mental (R). A continuación, las medias de los valores z deben introducirse en la siguiente fórmula para obtener el valor de eficiencia (Paas y Van Merriënboer, 1993):

$$E = \frac{P - R}{\sqrt{2}}$$

Resultados

El análisis de los datos se ha caracterizado por haber analizado los resultados de los dos experimentos, tipificándolos y calculando el esfuerzo mental, el rendimiento y la eficiencia. Además, se han correlacionado las diversas variables en búsqueda de su significación a través del software SPSS y así como se han buscado diferencias entre los grupos.

En primera instancia se ha calculado el esfuerzo mental, el rendimiento y la eficiencia del experimento 1 y 2. Es importante remarcar, que las tablas 1 y 3 presentan los valores medios y las desviaciones estándar del esfuerzo mental, rendimiento y eficiencia del experimento 1 y 2 respectivamente (ver Tabla 1 y 3). Los valores relativos al esfuerzo mental se presentan en una escala de 1-5, mientras que los valores relativos al rendimiento se presentan en una escala de 0-10. Por su lado, los valores positivos del índice de eficiencia representan distintos grados de aprendizaje eficiente, mientras que los valores negativos representan distintos niveles de aprendizaje ineficiente.

Si nos centramos, por un lado, en el primer experimento, identificamos como en la prueba de transferencia de aprendizajes del primer experimento, el grupo de control 1 obtuvo una calificación media de 8,76 puntos (SD = 1,66) y el grupo de control 2 una calificación media de 8,75 (SD = 1,23). Por su parte, el grupo experimental 1 obtuvo una calificación media de 9,50 (SD = 0,94) y el grupo experimental 2 una calificación media de 9,22 (SD = 1,23). En la línea de nuestras predicciones, los dos grupos experimentales obtuvieron un rendimiento superior al obtenido por los dos grupos de control.

Las respuestas del grupo de control 1 al cuestionario final sobre esfuerzo mental muestran una media de 1,41 sobre una escala de Likert de cinco niveles (SD = 0,60), mientras que las respuestas del grupo de control 2 dieron como resultado una media de 1,92 (SD = 0,81). Por su parte, las respuestas del grupo experimental 1 dieron como resultado una media de 1,25 (SD = 0,56), mientras que las respuestas del grupo experimental 2 dieron como resultado una media de 1,56 sobre 5 (SD = 0,68). Los datos correspondientes al grupo experimental 1 y el grupo de control 2 concuerdan con las predicciones. En cambio, se produce un efecto inesperado en el grupo experimental 2 y el grupo de control 1. Contrariamente a la hipótesis del presente estudio, el grupo experimental 2 atribuye un esfuerzo mental o dificultad ligeramente superior al atribuido por el grupo de control 1.

El análisis del índice de eficiencia de los aprendizajes muestra que, en el caso del grupo de control 1, la eficiencia del proceso de aprendizaje recibe un valor de -0,06 (SD = 1,17), mientras que en el caso del grupo de control 2, recibe un valor de -0,57 (SD = 0,57). Por su parte, la eficiencia del proceso de aprendizaje del grupo experimental 1 recibe un valor de 0,48 (SD = 0,90), mientras

la eficiencia al grupo experimental 2 recibe un valor de 0,03 (SD = 1,06). En la línea de nuestras predicciones, el aprendizaje fue eficiente únicamente en los dos grupos experimentales.

Finalmente, si correlacionamos las variables tipificadas de esfuerzo mental, rendimiento y eficiencia relativa (ver Tabla 2) con el uso de la prueba no paramétrica de Spearman, vemos que la variable de eficiencia relativa con la variable de esfuerzo mental tiene una significación negativa (a mayor eficiencia relativa, menos esfuerzo mental), mientras que la eficiencia relativa con rendimiento tiene una significación positiva (a mayor eficiencia relativa, más rendimiento) (Martínez et al., 2009).

Por otro lado, en el segundo experimento, vemos como en la prueba de transferencia de aprendizajes, el grupo de control 1 obtuvo una calificación media de 9,22 (SD = 1,16) y el grupo de control 2 una calificación media de 8,47 (SD = 1,73). Por su parte, el grupo experimental 1 obtuvo una calificación media de 9,38 (SD = 1,16) y el grupo experimental 2 una calificación media de 8,89 (SD = 1,36). Estos datos no permiten confirmar la obtención del efecto del ejemplo resuelto en los dos grupos experimentales.

Tabla 1.

Media y desviación estándar del esfuerzo mental, rendimiento y eficiencia del experimento 1.

	Grupo control 1		Grupo control 2		Grupo experimental 1		Grupo experimental 2	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Esfuerzo mental (máx. 5)	1,41	0,60	1,92	0,86	1,25	0,56	1,56	0,68
Rendimiento (máx. 10)	8,76	1,66	8,75	1,23	9,50	0,94	9,22	1,23
Eficiencia (basado en valores z de rendimiento y esfuerzo)	-0,06	1,17	-0,57	1,08	0,48	0,90	0,03	1,06

Fuente: Elaboración propia

Tabla 2.

Correlación Spearman experimento 1.

	E.1 Esfuerzo mental			E.1 Rendimiento			E.1 Eficiencia relativa		
	Rho	Sig.	N	Rho	Sig.	N	Rho	Sig.	N
	E.1 Esfuerzo mental	1,000	.	53	-,238	,086	53	-,748**	,000
E.1 Rendimiento	-,238	,086	53	1,000	.	53	,771**	,000	53
E.1 Eficiencia relativa	-,748**	,000	53	,771**	,000	53	1,000	.	53

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Tabla 3.

Media y desviación estándar del esfuerzo mental, rendimiento y eficiencia del experimento 2.

	Grupo control 1		Grupo control 2		Grupo experimental 1		Grupo experimental 2	
	M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
Esfuerzo mental (máx. 5)	2,12	0,96	2,08	1,19	1,38	0,60	2,44	1,07
Rendimiento (máx. 10)	9,22	1,16	8,47	1,73	9,38	1,16	8,89	1,36
Eficiencia (basado en puntuaciones z de rendimiento y esfuerzo)	-0,03	0,81	-0,39	1,21	0,56	0,81	-0,42	1,15

Fuente: Elaboración propia

Las respuestas del grupo de control 1 al cuestionario final sobre esfuerzo mental muestran una media de 2,12 sobre una escala de Likert de cinco niveles (SD = 0,96), mientras que las respuestas de la encuesta en el grupo de control 2 dieron un promedio de 2,08 (SD = 1,19). Por su parte, las respuestas del grupo experimental 1 dieron una media de 1,38 (SD = 0,60), mientras que las respuestas del grupo de control 2 dieron como resultado una media de 2,44 (SD = 1,07). Los datos recogidos nos permiten observar que el único grupo que declara un esfuerzo mental inferior a la media global (M = 1,94; SD = 1,03) es el grupo experimental 1. Por otra parte, el hecho de que el grupo experimental 2 haya sido el grupo que más esfuerzo mental percibió supone un resultado completamente inesperado.

El análisis del índice de eficiencia de los aprendizajes muestra que, en el caso del grupo de control 1, la eficiencia del proceso de aprendizaje recibe un valor de $-0,03$ (SD = 0,81), mientras que el grupo de control 2 registra un valor de $-0,39$ (SD = 1,21). Por su parte, el grupo experimental 1, la eficiencia del proceso de aprendizaje registra un valor de $0,56$ (SD = 0,81), mientras que el grupo experimental 2 registra un valor de $-0,42$ (SD = 1,15). Así pues, la eficiencia del proceso de aprendizaje fue mayor en el grupo experimental 1, mientras que el grupo experimental 2 registró la eficiencia más baja. Por su parte, el grupo de control 1 y el grupo de control 2 registraron la segunda y tercera mejores datos respectivamente. Además, el análisis de los datos muestra que el único proceso de aprendizaje eficiente fue el del grupo experimental 1, que contaba con ejemplo resuelto. Por su parte, el aprendizaje de los dos grupos de control y el grupo experimental 2 fueron ineficientes. A pesar del buen resultado del grupo experimental 1, los datos no permiten corroborar la obtención del efecto del ejemplo resuelto dado que el grupo experimental 2 registró la menor eficiencia de toda la muestra.

Finalmente, si correlacionamos las variables tipificadas de esfuerzo mental, rendimiento y eficiencia relativa del experimento 2 (ver [Tabla 4](#)) con el uso de la prueba no paramétrica de Spearman, observamos los mismos resultados de significación que en el experimento 1, donde la variable de eficiencia relativa con la variable de esfuerzo mental tiene una significación negativa (a mayor eficiencia relativa, menos esfuerzo mental), mientras que la eficiencia relativa con rendimiento tiene una significación positiva (a mayor eficiencia relativa, más rendimiento) ([Martínez et al., 2009](#)).

Tabla 4.
Correlación Spearman experimento 2.

	E.2 Esfuerzo mental			E.2 Rendimiento			E.2 Eficiencia relativa		
	Rho	Sig.	N	Rho	Sig.	N	Rho	Sig.	N
E.2 Esfuerzo mental	1,000	.	53	-,084	,551	53	-,645**	,000	53
E.2 Rendimiento	-,084	,551	53	1,000	.	53	,779**	,000	53
E.2 Eficiencia relativa	-,645**	,000	53	,779**	,000	53	1,000	.	53

** La correlación es significativa en el nivel 0,01 (bilateral).

* La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: Elaboración propia

Por último y por lo que concierne las diferencias entre los grupos (grupos experimentales y grupos control) se realizó una prueba U de Mann-Whitney para variable independientes (nivel de significación a partir de ,05). Como resultado de dicha prueba

vemos que las medias de los grupos divergen en el experimento 1 por lo que respecta al rendimiento (,034) y a la eficiencia relativa (,017). Y vemos una tendencia a la diferencia en el Experimento 2 por lo que respecta a la eficiencia relativa (,063).

Discusión

El presente estudio aporta evidencias de que determinados diseños de ejemplo resuelto permiten mejorar el rendimiento y la eficiencia del alumnado en contextos reales de aprendizaje de las ciencias sociales a través de la metodología de aprendizaje basado en problemas (ABP). Sin embargo, no todos los ejemplos resueltos son efectivos.

Nuestra investigación permite deducir que, para garantizar la obtención del efecto del ejemplo resuelto, éste debe presentar una alta correspondencia con la actividad posterior con enfoque ABP a todos los niveles de contenido. Es decir, no sólo es necesario que el dominio de aprendizaje sea el mismo, sino que también es importante que el dominio que sirve para ejemplificar sea también muy similar. De lo contrario, es probable que los alumnos no sean capaces de identificar correctamente la tipología del problema planteado y, por tanto, no puedan hacer uso de las estrategias de resolución de problemas adquiridas durante la fase de estudio del ejemplo resuelto, dando pie a la utilización de estrategias ineficientes de resolución de problemas.

El estudio presenta determinadas limitaciones. En primer lugar, debemos tener en cuenta que los experimentos recurren a una muestra intencional que no es significativa. Este hecho no permite emitir afirmaciones absolutas. Por otro lado, el estudio se realiza en un contexto educativo real, que se aleja de las condiciones experimentales en las que suelen realizarse las investigaciones sobre carga cognitiva. Por tanto, los grupos de control y experimentales reciben ayudas a lo largo del proceso de aprendizaje. Ello hace que los datos recogidos no reflejen un aprendizaje por descubrimiento puro en contraposición a un aprendizaje con un ejemplo resuelto. El estudio tampoco ha podido tener en cuenta la distribución de las sesiones en función del día escolar o la franja horaria, hecho que podría afectar al rendimiento del alumnado. Finalmente, cabe destacar que los implementadores de las intervenciones no eran ciegos a los objetivos del estudio.

Los datos obtenidos en el primer experimento (ver [Figura 1](#)) confirman la existencia del efecto del ejemplo resuelto en contextos educativos reales de aprendizaje de las ciencias sociales con metodologías con enfoque ABP. De los tres indicadores analizados sobre carga cognitiva, dos aportan datos unívocos sobre la influencia positiva del ejemplo resuelto para el aprendizaje. En concreto, los grupos en que se presentó un ejemplo resuelto antes de la realización de la actividad de aprendizaje presentan un mejor rendimiento en las pruebas de transferencia de aprendizajes y una eficiencia superior en el proceso de aprendizaje.

El tercer indicador, correspondiente al esfuerzo mental, aporta datos que hay que interpretar a la luz de la investigación científica en el ámbito de la teoría de la carga cognitiva. Mientras que el grupo experimental 1 declaró el menor esfuerzo mental de entre todos los grupos, el grupo experimental 2 declaró un esfuerzo mental ligeramente superior al grupo de control 1, que no contaba con ningún ejemplo resuelto. Una hipótesis que podría sostener esta desviación respecto a la hipótesis central de este estudio implicaría

que el grupo experimental 2 tuvo que compensar un nivel inferior de conocimientos previos y una mayor dificultad de comprensión de la temática objeto de estudio que otros grupos analizados con un mayor esfuerzo mental. Es probable que este mayor esfuerzo mental derivara directamente en un mayor rendimiento en las pruebas de transferencia de aprendizajes y un mayor índice de eficiencia del aprendizaje que en los grupos de control, a pesar de haber percibido un mayor esfuerzo mental que el grupo de control 1. Por lo tanto, se puede teorizar que, dentro de los límites de su memoria de trabajo, los estudiantes del grupo experimental 2 pudieron compensar una mayor carga cognitiva intrínseca realizando una inversión mayor esfuerzo mental. Podemos considerar que esta carga cognitiva adicional impuesta sobre la memoria de trabajo, tuvo unos efectos positivos para el aprendizaje.

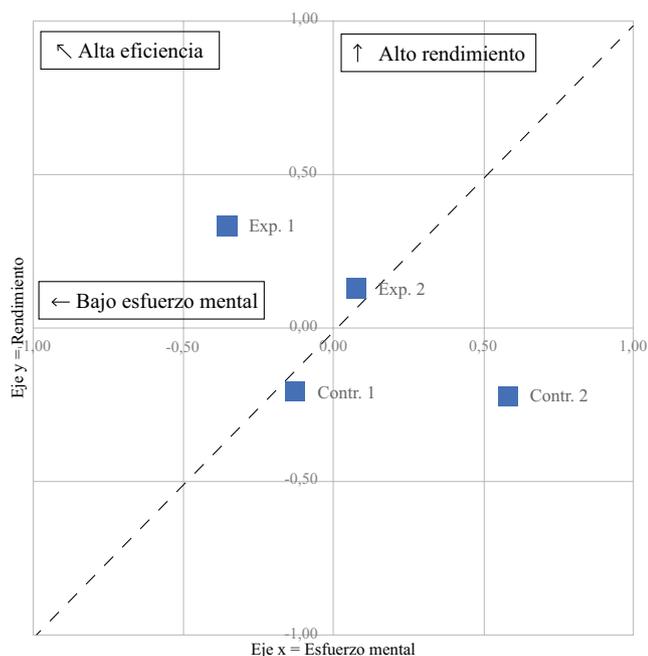


Figura 1. Eficiencia de las condiciones didácticas del 1º experimento
Fuente: Elaboración propia

Ante estas evidencias, se puede especular que esta mayor carga cognitiva corresponde a un aumento de la carga cognitiva relevante al aprendizaje y no una carga cognitiva extrínseca impuesta por el diseño de la actividad de aprendizaje. Esto justificaría que el grupo experimental en cuestión hubiera obtenido un mejor rendimiento en las pruebas de transferencia y un mayor índice de eficiencia en comparación a los grupos de control. De hecho, el incremento de la carga cognitiva seguido de una transferencia mejorada es un fenómeno detectado en varias investigaciones en el ámbito de la carga cognitiva. En concreto, se trata de la paradoja de la transferencia, que sugiere que los procedimientos didácticos que mejoran el rendimiento en la transferencia de los aprendizajes suelen tener un efecto negativo sobre la carga cognitiva total para alcanzar un nivel de rendimiento específico (Van Merriënboer et al., 1997).

Los resultados del segundo experimento (ver Figura 2), en cambio, no permiten observar ninguna pauta de comportamiento diferenciada entre los grupos de control y los grupos experimentales. Por tanto, las interpretaciones sobre los resultados no

son claras. El hecho de que los grupos experimentales presenten pocas características compartidas conduce a pensar que el ejemplo resuelto no ha tenido un impacto determinante en el proceso de aprendizaje y que los valores obtenidos para cada grupo en relación con el rendimiento, el esfuerzo mental y la eficiencia del proceso de aprendizaje son, en realidad, el reflejo de aspectos ajenos a la utilización del ejemplo resuelto.

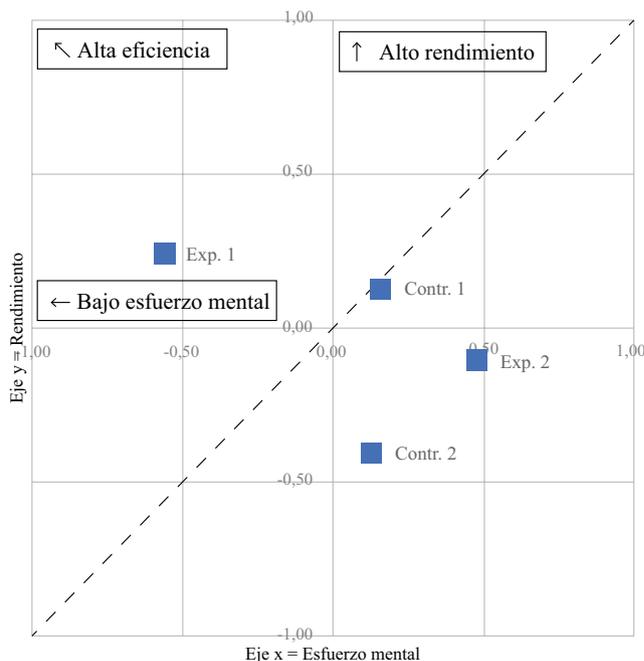


Figura 2. Eficiencia de las condiciones didácticas del 2º experimento.
Fuente: Elaboración propia

La principal hipótesis que explicaría los datos recogidos en el segundo experimento sería un diseño inadecuado del ejemplo resuelto ofrecido a los grupos experimentales al inicio del proceso de aprendizaje. Esto nos obliga a interrogarnos sobre las diferencias que presentaban los ejemplos resueltos del primer y del segundo experimento. Cuando comparamos los experimentos, observamos que, en el primer experimento, el nivel de contenido correspondiente al dominio que sirve para ejemplificar es muy similar entre el ejemplo resuelto y la actividad de aprendizaje. En cambio, en el segundo experimento, éste está mucho más alejado. Por lo tanto, existe la posibilidad de que esta mayor lejanía del dominio ejemplificador haya dificultado o incluso imposibilitado que los estudiantes pudieran identificar adecuadamente la tipología de problema presentado en la actividad de aprendizaje. Este hecho habría dificultado o impedido la recuperación de las estrategias de análisis y resolución del problema observadas en el ejemplo resuelto. Por ello, los estudiantes habrían recurrido a las mismas estrategias de resolución de problemas que los grupos de control.

Así pues, el presente estudio únicamente permite confirmar la existencia del efecto del ejemplo resuelto en contextos reales de aprendizaje de las ciencias sociales con enfoque ABP cuando los ejemplos resueltos presentan un contenido de dominio y un contenido ejemplificador muy cercanos a los de la actividad de aprendizaje posterior.

A pesar de las diferencias detectadas entre los grupos que siguieron un aprendizaje basado en un ejemplo resuelto y los grupos que siguieron un aprendizaje basado en un descubrimiento guiado, es importante dejar constancia de que la brecha entre unos y otros son de poca envergadura. Los motivos de esta proximidad entre resultados quedan fuera de los límites del presente estudio. Sin embargo, tal y como hemos mencionado con anterioridad, es posible que la guía intensa que han recibido los grupos de control haga que esta ayuda tenga unos efectos similares a los de la presentación de un ejemplo resuelto. Mientras que en los métodos puros por descubrimiento el estudiante debe resolver problemas con poca o ninguna ayuda por parte del profesor, en los métodos de descubrimiento guiados, el docente proporciona consejos, dirección, entrenamiento, retroalimentación y modelos que guían al estudiante por el buen camino (Mayer, 2004). Todo esto podría haber permitido que la brecha entre los grupos de control y los grupos experimentales no fuera excesivamente amplia.

Por otra parte, mientras la investigación en el ámbito de la teoría de la carga cognitiva se ha centrado en el estudio de los efectos de metodologías para descubrimiento y metodologías basadas en ejemplos resueltos que implican un trabajo individual, en este estudio hemos comparado metodologías que implicaban un trabajo colaborativo. Es posible que un aprendizaje por descubrimiento guiado que, además, sea colaborativo pueda recortar distancias con metodologías que utilizan ejemplos resueltos. La teoría de la carga cognitiva se ha asociado tradicionalmente con el aprendizaje individual, mientras que ha prestado poca atención a la arquitectura cognitiva humana subyacente en los procesos grupales, la experiencia previa de los grupos y la distribución de la información entre los diferentes miembros del equipo (Kirschner et al., 2018). Sin embargo, el aprendizaje colaborativo puede mejorar algunas de las limitaciones que presenta la memoria de trabajo (Kirschner et al., 2011), ya que cuando varias memorias de trabajo colaboran en la realización de una misma tarea, la capacidad efectiva de las memorias de trabajo individuales puede aumentar gracias al efecto de la memoria de trabajo colectiva (Kirschner et al., 2018).

El efecto de memoria de trabajo colectiva plantea que el aprendizaje colaborativo es más eficaz que el aprendizaje individual cuando la complejidad del material didáctico supera los límites de la memoria de trabajo individual (Kirschner et al., 2011). En este caso, la carga cognitiva se distribuye entre los diferentes miembros de un equipo. Esto permite un procesamiento más eficaz y una comprensión más fácil del material (Kirschner et al., 2018). En consecuencia, el proceso de aprendizaje es más eficiente para los miembros del grupo, lo que les permite construir esquemas de mayor calidad en la memoria a largo plazo (Kirschner et al., 2011). Se podría afirmar, pues, que para tareas o problemas especialmente complejos, el trabajo colaborativo se convierte en un andamio para los procesos de aprendizaje de una manera similar que lo hacen también los ejemplos resueltos (Kirschner et al., 2018).

Por todo lo comentado con anterioridad, podemos concluir que, determinados diseños de ejemplo resuelto pueden mejorar el rendimiento y la eficiencia del alumnado en contextos reales de aprendizaje de las ciencias sociales con estudiantes de secundaria a través de la metodología con enfoque ABP. No obstante, no siempre se garantiza una disminución del esfuerzo mental. Este hecho se puede relacionar con un aumento de la carga cognitiva

relevante de algunos alumnos, que contribuye a la creación y automatización de esquemas en la memoria a largo plazo. Por ejemplo, este incremento del esfuerzo mental podría compensar un nivel de conocimientos previos inferior. Este hecho se puede vincular al fenómeno de la paradoja de la transferencia, observado en otros estudios en el ámbito de la teoría de la carga cognitiva y que sugiere que los procedimientos didácticos que mejoran el rendimiento en la transferencia de los aprendizajes suelen tener un efecto negativo sobre la carga cognitiva total impuesta a los estudiantes (Van Merriënboer et al., 1997).

Sin embargo, no todos los ejemplos resueltos son efectivos. Nuestra investigación muestra que los formatos del ejemplo resuelto que presentan un dominio de aprendizaje y un dominio ejemplificador muy cercanos a los de la actividad de aprendizaje posterior permiten efectivamente la obtención del efecto del ejemplo resuelto, incluso frente a metodologías muy guiadas con enfoque ABP. En cambio, los ejemplos resueltos que presentan un dominio ejemplificador que se aleja demasiado del dominio ejemplificador de la actividad de descubrimiento posterior no garantizan la obtención del efecto del ejemplo resuelto. La explicación más plausible para este resultado se basa en el hecho de que los aprendices noveles suelen prestar mucha atención a los aspectos superficiales de los problemas presentados. Por el contrario, prestan poca atención a las estructuras conceptuales más profundas. Así pues, es plausible que una mayor lejanía en el dominio que sirve para ejemplificar genere dificultades entre el alumnado a la hora de identificar adecuadamente la tipología de problema y desplegar las estrategias de resolución de problemas observadas en el ejemplo resuelto. A medida que el alumnado adquiere más capacidades y seguridad, habría que plantear la reducción de su dependencia en las semejanzas superficiales de los ejemplos y problemas hasta que sean capaces de clasificar los problemas sólo por sus aspectos estructurales.

A pesar de las diferencias detectadas entre los grupos que siguieron un aprendizaje con ejemplos resueltos y los grupos que siguieron un aprendizaje basado en un descubrimiento guiado, es importante dejar constancia de que la brecha entre los grupos es de poca envergadura. Los motivos de esta proximidad entre resultados quedan fuera de los límites del presente estudio. Sin embargo, es posible que la guía intensa que recibieron los grupos de control haga que ésta tuviera unos efectos similares a los de la presentación de un ejemplo resuelto. También hay que destacar que, mientras que la investigación en el ámbito de la teoría de la carga cognitiva se ha centrado eminentemente en el análisis de los efectos de metodologías que implican un trabajo individual, en este estudio hemos comparado metodologías que implicaban un trabajo colaborativo durante la fase de adquisición. Es posible, pues, plantear que un aprendizaje por descubrimiento guiado que, además, implique un trabajo colaborativo en la fase de aprendizaje pueda recortar distancias con metodologías que utilizan los ejemplos resueltos como herramienta de descarga cognitiva.

Referencias

- Anderson, J. R. y Fincham, J. M. (1994). Acquisition of procedural skills from examples. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 20(6), 1322-1340. <https://doi.org/10.1037/0278-7393.20.6.1322>

- Atkinson, R. K., Derry, S. J., Renkl, A. y Wortham, D. (2000). Learning from examples: Instructional principles from the worked examples research. *Review of Educational Research*, 70(2), 181-214. <https://doi.org/10.3102/00346543070002181>
- Carroll, W. M. (1994). Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom. *Journal of Educational Psychology*, 86(3), 360-367. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.3.360>
- Cooper, G., y Sweller, J. (1987). Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer. *Journal of Educational Psychology*, 79(4), 347. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.79.4.347>
- Cowan, N. (2001). The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity. *Behavioral and Brain Sciences*, 24(1), 87-114. <https://doi.org/10.1017/S0140525X01003922>
- Cowan, N. (2010). The magical mystery four how is working memory capacity limited, and why? *Current Directions in Psychological Science*, 19(1), 51-57. <https://doi.org/10.1177/0963721409359277>
- De la Calle Carracedo, M. (2016). Aprendizaje basado en proyectos (ABP): Posibilidades y perspectivas en ciencias. *Iber: Didáctica de las Ciencias Sociales, Geografía e Historia*, 82, 7-12.
- Ebbinghaus, H. (1885/1913). *Memory: A contribution to experimental psychology*. H.A. Ruger and C.E. Bussenius (traductores). Nueva York: Teachers College, Columbia University.
- García de la Vega, A. (2010). Aprendizaje basado en problemas: aplicaciones a la didáctica de las Ciencias Sociales en la Formación Superior. CiDd: II Congr s Internacional de Didácticas. Recuperado de <https://dugi-doc.udg.edu/bitstream/handle/10256/2893/374.pdf?sequence=1>
- Gómez, I.M. y Ruiz, M. (2017). Análisis de metodologías activas con ABP, Transmedia y Gamificación para implementar las competencias en Ciencias Sociales y en Literatura. En Roig-Vila (Ed.). *Investigación en docencia universitaria: diseñando el futuro a partir de la innovación educativa*. Octaedro Editorial. Recuperado de https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/71115/1/Investigacion-en-docencia-universitaria_26.pdf
- Hilbert, T. S. y Renkl, A. (2009). Learning how to use a computer-based concept-mapping tool: Self-explaining examples helps. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 267-274. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.006>
- Hoogveld, A. W., Paas, F. y Jochems, W. M. (2005). Training higher education teachers for instructional design of competency-based education: Product-oriented versus process-oriented worked examples. *Teaching and Teacher Education*, 21(3), 287-297. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2005.01.002>
- 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. <https://doi.org/10.1007/BF02299613>
- Kalyuga, S. (2007). Expertise reversal effect and its implications for learner-tailored instruction. *Educational Psychology Review*, 19(4), 509-539. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9054-3>
- Kirschner, F., Paas, F. y Kirschner, P. A. (2011). Task complexity as a driver for collaborative learning efficiency: The collective working-memory effect. *Applied Cognitive Psychology*, 25, 615-624. <https://doi.org/10.1002/acp.1730>
- Kirschner, P. A., Sweller, J. y Clark, R. E. (2006). Why Minimal Guidance During Instruction Does Not Work: An Analysis of the Failure of Constructivist, Discovery, Problem-Based, Experimental, and Inquiry-Based Teaching. *Educational Psychologist*, 42(2). https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_1
- Kirschner, P. A., Sweller, J., Kirschner, F. y Zambrano, 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>
- Koedinger, K. R. y Aleven, V. (2007). Exploring the assistance dilemma in experiments with cognitive tutors. *Educational Psychology Review*, 19(3), 239-264. <https://doi.org/10.1007/s10648-007-9049-0>
- Martínez-Ortega, R. M., Tuya Pend s, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & C novas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias M dicas*, 8(2), 0-0. https://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017
- Mayer, R. E. (2004). Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? *American psychologist*, 59(1), 14.
- Miller, G. A. (1956). The magical number seven, plus-or-minus two or some limits on our capacity for processing information. *Psychological Review*, 63(2), 81-97. <https://doi.org/10.1037/h0043158>
- Nieto-Salamanca, R. Y. (2019). Implementaci n del abp en función de la enseñanza y aprendizaje de las ciencias sociales en la IE Silvino Rodríguez de la ciudad de Tunja. Tesis de maestr a, Universidad Santo Tomás. <https://hdl.handle.net/11634/18582>
- Nivelstein, F., Van Gog, T., Boshuizen, H. P. y Prins, F. J. (2010). Effects of conceptual knowledge and availability of information sources on law students' legal reasoning. *Instructional Science*, 38(1), 23-35. <https://doi.org/10.1007/s11251-008-9076-3>
- Ospina-Rave, B. E., Sandoval, J. D. J., Aristizábal Botero, C. A., & Ramírez Gómez, M. C. (2005). La escala de Likert en la valoración de los conocimientos y las actitudes de los profesionales de enfermería en el cuidado de la salud. Antioquia, 2003. *Investigación y educación en enfermería*, 23(1), 14-29. https://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-53072005000100002
- Paas, F. G. (1992). Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 84(4), 429. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.84.4.429>
- Paas, F., Renkl, A. y Sweller, J. (2003). Cognitive load theory and instructional design: Recent developments. *Educational Psychologist*, 38(1), 1-4. https://doi.org/10.1207/S15326985EP3801_1
- Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H. y Van Gerven, P. W. (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
- Paas, F. y Van Gog, T. (2006). Optimising worked example instruction: Different ways to increase germane cognitive load. *Learning and Instruction*, 16(2), 87-91. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.004>
- Paas, F. y Van Merri nboer, J. J. (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. <https://doi.org/10.1177/001872089303500412>
- Paas, F. y Van Merri nboer, J. J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology*, 86(1), 122. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.1.122>
- Peterson, L. y Peterson, M. J. (1959). Short-term retention of individual verbal items. *Journal of Experimental Psychology*, 58(3), 193. <https://doi.org/10.1037/h0049234>

- Prats, J y Santacana, J. (2011). Métodos para la enseñanza de la Historia. En J. Prats (coord.). *Didáctica de la Geografía y la Historia*. Graó.
- Quilici, J. L. y Mayer, R. E. (1996). Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems. *Journal of Educational Psychology*, 88(1), 144. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.88.1.144>
- Reisslein, J., Atkinson, R. K., Seeling, P. y Reisslein, M. (2006). Encountering the expertise reversal effect with a computer-based environment on electrical circuit analysis. *Learning and Instruction*, 16(2), 92-103. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.008>
- Renkl, A., Hilbert, T. y Schworm, S. (2009). Example-based learning in heuristic domains: A cognitive load theory account. *Educational Psychology Review*, 21(1), 67-78. <https://doi.org/10.1007/s10648-008-9093-4>
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: Effects of self-explanation and direct instruction. *Child Development*, 77(1), 1-15. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2006.00852.x>
- Rourke, A. y Sweller, J. (2009). The worked-example effect using ill-defined problems: Learning to recognise designers' styles. *Learning and Instruction*, 19(2), 185-199. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.03.006>
- Rummel, N. y Spada, H. (2005). Learning to collaborate: An instructional approach to promoting collaborative problem solving in computer-mediated settings. *The Journal of the Learning Sciences*, 14(2), 201-241. https://doi.org/10.1207/s15327809jls1402_2
- Santos-Burgaleta, M. (2012). Problemas de historia: ABP y didáctica de las ciencias sociales en el aula de secundaria. *Aula de innovación educativa*, n. 216, noviembre; p. 34-38. <https://hdl.handle.net/11162/87672>
- Schwonke, R., Renkl, A., Krieg, C., Wittwer, J., Aleven, V. y Salden, R. (2009). The worked-example effect: Not an artefact of lousy control conditions. *Computers in Human Behavior*, 25(2), 258-266. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2008.12.011>
- Schworm, S. y Renkl, A. (2007). Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples. *Journal of Educational Psychology*, 99(2), 285. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.99.2.285>
- Spiro, R. J. y DeSchryver, M. (2009). Constructivism: When it's the wrong idea and when it's the only idea. En S. Tobias y T. M. Duffy (Eds.), *Constructivist Instruction: Success or failure?* (pp. 106-123). Nueva York: Routledge/Taylor & Francis Group.
- Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science*, 12(2), 257-285. [https://doi.org/10.1016/0364-0213\(88\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0364-0213(88)90023-7)
- Sweller, J. (2004). Instructional design consequences of an analogy between evolution by natural selection and human cognitive architecture. *Instructional Science*, 32(1), 9-31. <https://doi.org/10.1023/B:TRUC.0000021808.72598.4d>
- Sweller, J., Ayres, P. y Kalyuga, S. (2011). *Cognitive load theory*. Nueva York: Springer.
- Sweller, J., Chandler, P., Tierney, P. y Cooper, M. (1990). Cognitive load as a factor in the structuring of technical material. *Journal of Experimental Psychology: General*, 119(2), 176-192. <https://doi.org/10.1037/0096-3445.119.2.176>
- Sweller, J., Van Merriënboer, J. J. y Paas, F. G. (1998). Cognitive architecture and instructional design. *Educational Psychology Review*, 10(3), 251-296. <https://doi.org/10.1023/A:1022193728205>
- Tarmizi, R. A. y Sweller, J. (1988). Guidance during mathematical problem solving. *Journal of Educational Psychology*, 80(4), 424. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.80.4.424>
- Van Gog, T., Paas, F. y Van Merriënboer, J. J. (2006). Effects of process-oriented worked examples on troubleshooting transfer performance. *Learning and Instruction*, 16(2), 154-164. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2006.02.003>
- Van Gog, T., Paas, F. y Van Merriënboer, J. J. (2008). Effects of studying sequences of process-oriented and product-oriented worked examples on troubleshooting transfer efficiency. *Learning and Instruction*, 18(3), 211-222. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2007.03.003>
- Van Gog, T. y Rummel, N. (2010). Example-Based Learning: Integrating Cognitive and Social-Cognitive Research Perspectives. *Educational Psychology Review*, 22, 155-174. <https://doi.org/10.1007/s10648-010-9134-7>
- Van Merriënboer, J. J. (1997). *Training complex cognitive skills: A four-component instructional design model for technical training*. Englewood Cliffs, NJ: Educational Technology Publications.
- Van Merriënboer, J. J. y Sweller, J. (2005). Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions. *Educational Psychology Review*, 17(2), 147-177. <https://doi.org/10.1007/s10648-005-3951-0>
- Vidal-Figueroa, C., Castillo Rozas, G., & Castillo Rozas, C. (2018). El Aprendizaje Basado en Problemas (ABP) en Ciencias Sociales: resultados de una experiencia en estudiantes de postgrado en Chile. In International Conference on Innovation, Documentation and Teaching Technologies, INNODOCT. <https://doi.org/10.4995/INN2018.2018.8805>
- Ward, M. y Sweller, J. (1990). Structuring effective worked examples. *Cognition and Instruction*, 7(1), 1-39. https://doi.org/10.1207/s1532690xci0701_1
- Young, M. S. y Stanton, N. A. (2002). Attention and automation: new perspectives on mental underload and performance. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 3(2), 178-194. <https://doi.org/10.1080/14639220210123789>