

Aptus Estudios

De la evidencia a la práctica

*Serie: ¿Cómo aprenden los niños?*

# TEORÍA DE LA CARGA COGNITIVA: UN ÁREA DE INVESTIGACIÓN QUE LOS PROFESORES NECESITAN COMPRENDER

---

Junio de 2020

Documento original de



**Education**  
Centre for Education  
Statistics & Evaluation



FUNDACIÓN EDUCACIONAL  
Hernán Briones Gorostiaga



**Aptus**

POTENCIADORA EDUCACIONAL  
SEP Red de Colegios | Fundación Reinado Sobri

---

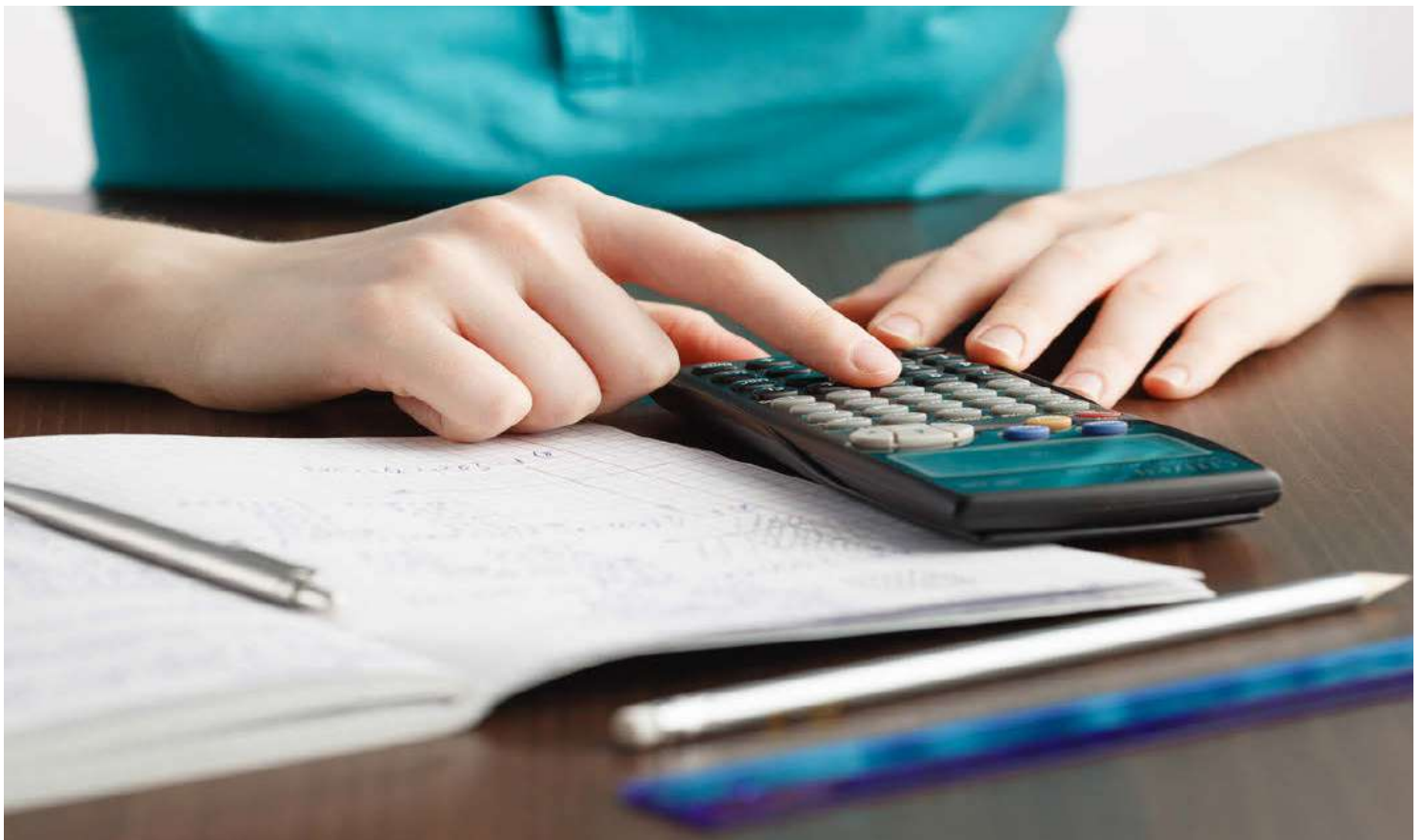
Traducido por Aptus con el apoyo de la Fundación Educacional Hernán Briones Gorostiaga. La traducción cuenta con el permiso del Centro de Estadísticas y Evaluación de la Educación de Australia. La precisión de la traducción es responsabilidad de los traductores.





# Teoría de la carga cognitiva: Un área de investigación que los profesores necesitan comprender

Centro de Estadísticas y Evaluación de la Educación



Traducido por Aptus con el apoyo de la Fundación Educacional Hernán Briones Gorostiaga. La traducción cuenta con el permiso del Centro de Estadísticas y Evaluación de la Educación de Australia. La precisión de la traducción es responsabilidad de los traductores.

## ¿Por qué la teoría de la carga cognitiva?

Para mejorar el desempeño de los estudiantes, los profesores deben comprender la evidencia básica que les servirá de información y como ayuda para mejorar sus prácticas. Un área de investigación de injerencia significativa en la práctica docente es la teoría de la carga cognitiva. La teoría de la carga cognitiva fue descrita recientemente por el pedagogo británico Dylan Wiliam como “la cuestión más importante que los docentes deberían conocer” (Wiliam 2017).

Basada en una sólida base de evidencias, la teoría de la carga cognitiva proporciona respaldo teórico y empírico para modelos de enseñanza explícita. Las investigaciones en el campo de la teoría de la carga cognitiva demuestran que las técnicas de enseñanza son más efectivas cuando se diseñan de acuerdo con la forma en que el cerebro humano aprende y usa el conocimiento.

Este artículo describe la investigación sobre la teoría de la carga cognitiva y su implicancia en una práctica docente más efectiva. La primera parte del artículo explica cómo el cerebro humano aprende de acuerdo con la teoría de la carga cognitiva, y describe la evidencia de base que la respalda. La segunda parte del documento examina las consecuencias de dicha teoría para la práctica docente, y describe algunas recomendaciones que son directamente transferibles al aula.

## ¿Qué es la teoría de la carga cognitiva?

La teoría de la carga cognitiva se basa en dos ideas comúnmente aceptadas. La primera es que hay un límite para la cantidad de *información nueva* que el cerebro humano puede procesar al mismo tiempo. La segunda idea es que no existen límites conocidos acerca de la cantidad de *información ya almacenada* que se puede procesar al mismo tiempo. Por lo tanto, el objetivo de la investigación sobre la carga cognitiva es desarrollar técnicas de enseñanza y recomendaciones que se ajusten a las características de la memoria de trabajo, para maximizar el aprendizaje.

La teoría de la carga cognitiva respalda los modelos de enseñanza explícita, porque dichos modelos tienden a concordar con la forma en que los cerebros humanos aprenden de manera más efectiva (Kirschner, Sweller y Clark 2006). La enseñanza explícita supone que los profesores muestren claramente a los estudiantes qué hacer y cómo hacerlo, en lugar de hacer que los estudiantes descubran o construyan información por sí mismos (ver Center for Education Statistics and Evaluation 2014, págs. 8-12). Hattie resume la enseñanza explícita como un enfoque en el cual:

*“El profesor decide los objetivos de aprendizaje y los criterios de éxito, los hace transparentes para los estudiantes, los demuestra usando modelos, evalúa si entienden lo que se les ha dicho verificando su comprensión y les vuelve a contar todo otra vez al momento de unir todo en la conclusión”.*

(Hattie 2009, p. 206)

La teoría de la carga cognitiva surgió del trabajo del psicólogo educacional John Sweller y sus colegas en las décadas de 1980 y 1990 (ver especialmente Sweller 1988, 1999). Ellos afirman:

*“Las consecuencias de las limitaciones de la memoria de trabajo en el diseño educativo no se deben subestimar ... Cualquier cosa más allá de las actividades cognitivas más simples parece abrumar la memoria de trabajo. Hasta que no se compruebe lo contrario, cualquier diseño instruccional que deseche o ignore las limitaciones de la memoria de trabajo será inevitablemente deficiente.”*

(Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, pp. 252-253)

La teoría de la carga cognitiva se basa en una serie de teorías ampliamente aceptadas sobre cómo el cerebro humano procesa y almacena información (Gerjets, Scheiter y Cierniak 2009, p. 44). Estos supuestos incluyen: que la memoria humana puede dividirse en memoria de trabajo y memoria a largo plazo; que la información se almacena en la memoria a largo plazo en forma de esquemas (schemas); y que procesar nueva información da como resultado una “carga cognitiva” sobre la memoria de trabajo la cual puede influir en los resultados del aprendizaje (Anderson 1977; Atkinson y Shiffrin 1968; Baddeley 1983).

## ¿Cómo aprende el cerebro humano?

Para comprender la teoría de la carga cognitiva es necesario comprender cómo la memoria de trabajo y la memoria a largo plazo procesan y almacenan la información.

La memoria de trabajo es el sistema de memoria donde se almacenan pequeñas cantidades de información durante un *período muy corto de tiempo* (Peterson & Peterson 1959)<sup>1</sup>. A groso modo, la memoria de trabajo equivale a aquello de lo que somos conscientes en un momento determinado. Clark, Kirschner y Sweller lo llaman “el limitado ‘espacio’ mental en el que pensamos” (2012, p. 8). Algunas investigaciones sugieren que una persona promedio solo puede mantener alrededor de cuatro fragmentos de información en su memoria de trabajo al mismo tiempo (Cowan 2001), aunque vale decir que existe evidencia que indica diferencias en la capacidad de la memoria de trabajo entre individuos (ver, por ejemplo, Barrett, Tugade y Engel 2004).

La memoria a largo plazo es el sistema de memoria donde se almacenan grandes cantidades de información de forma *semipermanente* (Atkinson y Shiffrin 1968; Tulving 1972). Clark, Kirschner y Sweller denominan a la memoria a largo plazo como “ese gran depósito mental de cosas (ya sean palabras, personas, grandes ideas filosóficas o trucos de skate) que conocemos” (2012, p. 8).

La teoría de la carga cognitiva asume que el conocimiento se almacena en la memoria a largo plazo en forma de “esquemas”<sup>2</sup>. Un esquema organiza elementos de información según la forma en que serán utilizados. Según la teoría de esquemas, un desempeño experto se desarrolla mediante la construcción continua de un número cada vez mayor de esquemas, los cuales pueden volverse cada vez más complejos al combinar elementos de esquemas de nivel inferior y transformarlos en esquemas de nivel superior. No hay límites para la complejidad que pueden llegar a adquirir los esquemas. Un proceso importante en la construcción de esquemas es la automatización, mediante la cual la información puede procesarse automáticamente con un mínimo esfuerzo consciente. La automaticidad solo ocurre después de una práctica extendida en el tiempo (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 256).

1 El término “memoria de trabajo” se utiliza ocasionalmente como sinónimo de “memoria de corto plazo”, aunque algunos teóricos consideran que estas dos formas de memoria son dos cosas distintas. Ver Cowan (2008) para obtener una visión general de las distinciones y similitudes entre varias teorías clave de la memoria a corto plazo y la memoria de trabajo.

2 La teoría de los esquemas fue introducida en la psicología y la educación por Frederic Bartlett (1932) y Jean Piaget (1928), y desarrollada por el psicólogo educativo Richard Anderson (1977, 1978).

Aprender a leer es un buen ejemplo de construcción y automatización de esquemas. Los niños comienzan a aprender a leer construyendo esquemas a partir de garabatos en una página: las letras. Estos esquemas simples se utilizan para construir esquemas de orden superior cuando son combinados en palabras. Los esquemas de palabras, a su vez, se combinan en esquemas de orden superior para frases y oraciones. Este proceso de construcción de esquemas se vuelve cada vez más complejo y eventualmente permite a los lectores examinar una página llena de garabatos y deducir su significado. Con mucha práctica, los lectores pueden deducir el significado de un texto empleando un mínimo esfuerzo consciente (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, pp. 255-258)<sup>3</sup>



Los esquemas proporcionan una serie de funciones importantes que son relevantes para el aprendizaje. Primero, proporcionan un sistema para organizar y almacenar conocimiento. En segundo lugar, y de manera crucial para la teoría de la carga cognitiva, reducen la carga de la memoria de trabajo. Esto se debe a que, aunque si bien hay un número limitado de fragmentos que pueden mantenerse en la memoria de trabajo al mismo tiempo, un esquema equivale a solo un elemento en la memoria de trabajo. De esta manera, un esquema de alto nivel, con una complejidad informativa potencialmente infinita, puede pasar por alto los límites de la memoria de trabajo (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 255)

Si la memoria de trabajo está sobrecargada, existe un gran riesgo de que el contenido que se enseña no sea entendido por el alumno; o que sea malinterpretado, confundido, o no se codifique de manera efectiva en la memoria a largo plazo y que, por lo tanto, el aprendizaje se ralentice (Martin 2016, p. 8). La automatización de esquemas reduce la carga sobre la memoria de trabajo porque, cuando se puede acceder a la información automáticamente, la memoria de trabajo queda liberada para procesar nueva información (Laberge y Samuels 1974).

Las limitaciones de la memoria de trabajo pueden superarse mediante la construcción de esquemas y la automatización. Por ejemplo, intente recordar la siguiente combinación de letras: a-m-i-r-e-o-m. En este caso, cada letra constituye un fragmento, por lo que debe recordar seis fragmentos a la vez. Ahora intenta recordar la siguiente combinación de letras: m-e-m-o-r-i-a. En este caso, aún debe recordar los mismos seis elementos. Sin embargo, debido a que usted cuenta con un esquema en su memoria a largo plazo para la palabra "memoria", puede condensar las letras en un solo elemento. Ahora su memoria de trabajo queda libre para recordar otros elementos.

## Tipos de carga cognitiva

Tipo de carga	Fuente	Efecto en el aprendizaje	Ejemplo
Carga intrínseca	La complejidad inherente del contenido y de los conocimientos previos del alumno.	Necesaria para aprender (pero potencialmente dañina si es demasiado alta, porque puede causar una sobrecarga cognitiva).	Aprender a resolver una ecuación matemática: $a / b = c$ , despeja la incógnita: a  Aprender esta ecuación podría tener una carga intrínseca alta para un estudiante de matemáticas principiante, pero tendría una carga intrínseca baja para un matemático experto.
Carga ajena	Lecciones mal diseñadas que dificultan la construcción y automatización de esquemas.	Dañino porque no contribuye al aprendizaje.	Se requiere que el alumno descubra cómo resolver la ecuación por sí mismo, con una orientación mínima del profesor.  Esto impone una alta carga cognitiva, pero contribuye poco a alentar la construcción de un esquema porque la atención del estudiante se centra en resolver el problema en lugar de aprender la técnica.
Carga relevante	Lecciones bien diseñadas que facilitan la construcción de esquemas y la automatización.	Útil porque contribuye y lleva directamente al aprendizaje.	Al alumno se le enseña explícitamente cómo resolver el problema y se le dan muchos problemas resueltos de cómo hacerlo.  Esto impone una carga cognitiva más baja, lo que le permite aprender y recordar cómo resolver el problema cuando lo enfrenta nuevamente.

<sup>3</sup> Para una reseña de la investigación sobre la enseñanza efectiva de la lectura en los primeros años de escolarización, consulte el Centro de Estadísticas y Evaluación de la Educación o CESE (2017). No ha habido una cantidad sustancial de investigación sobre cómo la teoría de la carga cognitiva puede usarse específicamente para informar la enseñanza de la alfabetización; Una excepción es Torcasio & Sweller 2010.

## Tipos de carga cognitiva

La teoría de la carga cognitiva identifica tres tipos diferentes de carga cognitiva: carga intrínseca, ajena y relevante (ver Sweller 2010; Sweller, van Merriënboer y Paas 1998). Generalmente se supone o asume que los tres tipos de carga cognitiva son aditivos. Algo así como: Carga intrínseca + carga ajena + carga relevante = carga cognitiva total<sup>4</sup>. La sobrecarga cognitiva ocurre cuando la carga cognitiva total excede la capacidad de memoria de trabajo del alumno (Gerjets, Scheiter y Cierniak 2009, p. 45).

### Intrínseca

La carga cognitiva intrínseca se relaciona con la dificultad inherente del tema que se está aprendiendo (Sweller 1994, 2010; Sweller y Chandler 1994). En términos simples, la carga intrínseca se puede describir como el tipo de carga cognitiva que es “necesaria”. Dos factores influyen en la carga cognitiva intrínseca: la complejidad del contenido y el conocimiento previo del alumno (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998). Esto significa que un tema específico puede ser difícil para un principiante, pero muy fácil para un experto. Por ejemplo, la tarea de aprender a escribir las letras del alfabeto es probable que tenga una carga intrínseca alta para un niño en su primer año de escuela, pero la misma tarea tendría una carga intrínseca mucho menor para un niño en el segundo o tercer año.

Muchos teóricos coinciden en que la carga cognitiva intrínseca puede alterarse mediante técnicas de enseñanza que hacen que un contenido complejo sea más fácil de aprender. Una forma de reducir la carga cognitiva intrínseca del contenido es adoptar el enfoque “simple-a-complejo”, donde los elementos del contenido se presentan al alumno en ese orden para que no se vea enfrentado prematuramente a toda la complejidad del contenido (van Merriënboer, Kirschner y Kester 2003). Un segundo método es el enfoque “parte-todo”, en donde primero se presentan los elementos individuales del contenido al alumno antes de que se presente la tarea en su totalidad. (Bannert 2002; Pollock, Chandler & Sweller 2002). Un tercer enfoque consiste en introducir el material en toda su complejidad desde el principio, pero luego dirigir la atención del alumno hacia los elementos interactivos individuales (van Merriënboer, Kester y Paas 2006). Van Merriënboer y Sweller (2005) afirman que tanto los enfoques “simple-a-complejo” y “parte-todo” funcionan para reducir la carga cognitiva de los alumnos mediante la introducción de elementos simples al principio para luego ir aumentando gradualmente la complejidad.

### Ajena

La carga cognitiva ajena se relaciona con la forma en que se enseña el contenido. Según van Merriënboer y Sweller, “la carga cognitiva ajena ... es una carga que no es necesaria para el aprendizaje (es decir, para la construcción de esquemas y la automatización) y que puede ser modificada por las intervenciones instruccionales” (2005, p. 150). En términos simples, la carga ajena es el tipo de carga cognitiva “mala” porque no contribuye directamente al aprendizaje. Los teóricos de la carga cognitiva consideran que el diseño instruccional será más efectivo cuando minimice la carga ajena, liberando así capacidad en la memoria de trabajo.

*“Una combinación de alta carga cognitiva intrínseca y ajena puede ser fatal para el aprendizaje porque la memoria de trabajo puede exceder sustancialmente su capacidad ... Es esencial diseñar la enseñanza de una manera tal que reduzca la carga cognitiva ajena.”*

(Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, pp. 263-264)

Los teóricos de la carga cognitiva han identificado una serie de enfoques que funcionan para reducir la carga cognitiva ajena para aumentar la eficacia de la enseñanza (van Merriënboer y Sweller 2005, p. 151). Algunos de estos se describirán en la sección final del documento.

### Relevante

La carga cognitiva relevante se refiere a la carga impuesta en la memoria de trabajo por el proceso de aprendizaje, es decir, el proceso de transferir información a la memoria a largo plazo a través de la construcción de esquemas (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 259). Por esta razón, la carga cognitiva relevante puede entenderse en términos simples como el tipo de carga cognitiva “buena”.

Los teóricos de la carga cognitiva afirman que el material de enseñanza tiene la máxima efectividad cuando reduce la carga ajena (que no es necesaria para el aprendizaje) y aumenta la carga relevante (que es directamente pertinente para el aprendizaje). Gerjets, Scheiter y Cierniak explican que la carga relevante es “causada por un diseño instruccional de apoyo y que está al servicio del aprendizaje efectivo” (2009, p. 45).

*“La combinación de disminuir la carga cognitiva ajena y al mismo tiempo aumentar la carga cognitiva relevante implica redirigir la atención: la atención de los alumnos debe retirarse de los procesos que no son relevantes para el aprendizaje y dirigirse hacia procesos que sí lo son. En particular, hacia la construcción y abstracción consciente de esquemas.”*

(Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 264)

Los teóricos de la carga cognitiva generalmente consideran que las cargas intrínseca, ajena y relevante son aditivas (Paas, Renkl y Sweller 2003, p. 2). Por esta razón, el enfoque de disminuir la carga cognitiva ajena mientras se incrementa la carga cognitiva relevante solo será efectivo si la carga cognitiva total permanece dentro de los límites de la memoria de trabajo (Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 264).

<sup>4</sup> En respuesta a las discusiones sobre los problemas de definición y medición de los diferentes tipos de carga (por ejemplo, Schnotz y Kürschner 2007), algunos teóricos de la carga cognitiva han sugerido recientemente una reformulación de la idea de que hay tres formas de carga separadas y aditivas. Esta reformulación sugiere un retorno a un marco dual en el que la carga intrínseca y la ajena se definen como los dos tipos principales de carga cognitiva y se consideran aditivas. La carga relevante se redefine en términos de carga intrínseca: se refiere a los recursos de memoria de trabajo dedicados a tratar la carga intrínseca y no se considera aditiva (Sweller 2010; véase también Kalyuga 2011). Sin embargo, para mayor claridad, los tres tipos de carga se consideran separados y aditivos en esta reseña.

## ¿Cuál es la base empírica para la teoría de la carga cognitiva?

La teoría de la carga cognitiva está respaldada por un número significativo de ensayos controlados aleatorizados, llamados ECA (en inglés, *randomised controlled trials (RCTs)*). Este gran cuerpo de evidencia indica que la enseñanza tiende a ser más efectiva cuando está diseñada de acuerdo con cómo los cerebros humanos procesan y almacenan información.

El “efecto del problema resuelto” es una estrategia de enseñanza que la investigación sobre carga cognitiva recomienda y que está respaldada por un número sustancial de ECA<sup>5</sup>. El efecto del problema resuelto se demostró por primera vez en la década de 1980 (Cooper & Sweller 1987; Sweller y Cooper 1985). En un estudio inicial, Cooper y Sweller (1987) diseñaron una serie de experimentos en los que los estudiantes de secundaria debían aprender a resolver una variedad de problemas simples de álgebra. Descubrieron que los estudiantes que fueron introducidos al contenido mediante el uso de problemas resueltos aprendieron más rápidamente que los estudiantes que debían resolver los problemas por sí mismos. Además, descubrieron que los estudiantes que recibieron problemas resueltos no solo fueron capaces de resolver problemas similares mejor en pruebas posteriores, sino que también pudieron, dentro del mismo aprendizaje, resolver “problemas de transferencia” en los que las mismas reglas algebraicas que habían aprendido tenían que aplicarse en diferentes contextos. Este efecto ha sido también observado en un gran número de ECAs (por ejemplo, Bokosmaty, Sweller & Kalyuga 2015; Carroll 1994; Kyun, Kalyuga & Sweller 2013; Paas 1992; Paas & van Merriënboer 1994; Pillay 1994; Quilici & Mayer 1996; Tuovinen & Sweller 1999). En un metaanálisis de estudios sobre la efectividad de los problemas resueltos, Crissman (2006) encontró un tamaño del efecto de 0,52.

La mayoría de los estudios basados en la investigación sobre carga cognitiva no intentan medir directamente la carga cognitiva en sí, sino que buscan medir la efectividad de técnicas de enseñanza diseñadas para adaptarse a las limitaciones de la memoria de trabajo. Los estudios de este tipo generalmente están formados por un grupo de control que recibe una intervención educativa usando técnicas convencionales (por ejemplo, resolviendo problemas de manera autónoma para aprender una nueva habilidad) y un grupo de tratamiento que recibe una intervención educativa usando técnicas asociados a la carga cognitiva (por ejemplo, usando problemas resueltos para aprender una nueva habilidad). Ambos grupos se evalúan para observar la efectividad de la intervención. El resultado del test se toma como una medida indirecta de carga cognitiva, y se asume que los altos resultados en las pruebas posteriores indican que la carga cognitiva se manejó con éxito (por ejemplo, Mayer et al. 2005; Stull y Mayer 2007). Vale la pena observar que los defensores clave de la teoría de la carga cognitiva reconocen la necesidad de identificar un medio confiable para medir la carga cognitiva en forma directa, a fin de desarrollar una base empírica más sólida que apoye la teoría (por ejemplo, Paas, Renkl y Sweller 2003, p. 4; Paas et al. 2003, p. 64).

Algunos estudios intentan medir directamente la carga cognitiva impuesta por diferentes técnicas de enseñanza, con una confiabilidad variable (para una visión general, ver de Jong 2010; Paas et al. 2003). Hay una variedad de métodos para intentar medir la carga cognitiva. Una forma es utilizar técnicas fisiológicas, como medidas de actividad cardíaca (por ejemplo, Fredericks et al. 2005; Paas y van Merriënboer

1994), actividad cerebral (por ejemplo, Murata 2005; Smith y Jonides 1997) o actividad ocular (por ejemplo, Schultheis y Jameson 2004; van Gerven et al. 2004). Otro enfoque consiste en utilizar técnicas de doble tarea, en las que se introduce una tarea secundaria además de la tarea de aprendizaje principal, y se considera el nivel de deterioro en el rendimiento de la segunda tarea como indicador de una mayor carga cognitiva (por ejemplo, Brünken, Plass & Leutner 2003; Chandler y Sweller 1996). La mayoría de los estudios que intentan medir la carga cognitiva utilizan técnicas subjetivas, como escalas de calificación, en las que se pide a los participantes que indiquen el nivel de carga cognitiva experimentado (por ejemplo, Paas 1992; Paas, van Merriënboer y Adam 1994).

### Preguntas en torno a la investigación sobre carga cognitiva.

Las presunciones generales sobre la teoría de la carga cognitiva (que la capacidad de la memoria de trabajo es limitada y que el aprendizaje es más efectivo cuando está diseñado para acomodarse a estas limitaciones) generalmente no se cuestionan. Sin embargo, vale la pena señalar que varios académicos han planteado preguntas sobre algunos de los supuestos específicos de la teoría. Estas preguntas generalmente se dividen en tres categorías: problemas con las definiciones de carga cognitiva, preocupaciones sobre el rigor metodológico de la investigación y problemas con su generalización externa.

Con respecto a las definiciones de la teoría de la carga cognitiva, una pregunta importante es si los tres tipos diferentes de carga cognitiva: intrínseca, ajena y relevante, se pueden distinguir claramente (de Jong 2010; Moreno 2010; Schnotz & Kürschner 2007). Una segunda preocupación es si los tres tipos de carga cognitiva pueden simplemente considerarse aditivos al momento de determinar la carga cognitiva total experimentada por el alumno (de Jong 2010; Moreno 2010; Park 2010), como lo afirman los teóricos de la carga cognitiva (por ejemplo, Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 263; Paas, Renkl y Sweller 2003, p. 2). Estas preocupaciones son importantes porque, si los tipos de carga cognitiva no pueden separarse o demarcarse claramente, se hace difícil hacer recomendaciones prácticas sobre cómo los profesores pueden manejar mejor la carga “buena”, “mala” y “necesaria” en un contexto de clase<sup>6</sup>.

Con respecto al rigor metodológico de los estudios, la falta de una medida directa de la carga cognitiva es una preocupación clave (Brünken, Plass & Leutner 2003; de Jong 2010; Moreno 2010; Schnotz & Kürschner 2007). La falta de indicadores empíricos para distinguir y medir los diferentes tipos de carga (intrínseca, ajena y relevante) también es un problema (de Jong 2010; Gerjets, Scheiter & Cierniak 2009; Schnotz & Kürschner 2007; para leer acerca de los intentos de mejorar esto, ver DeLeeuw & Mayer 2008; Leppink et al. 2014).

Finalmente, también hay preocupaciones sobre si la investigación de la carga cognitiva es generalizable a entornos de enseñanza reales. De Jong describe una serie de problemas con la generalización, diciendo que la “sobrecarga” cognitiva rara vez ocurre en entornos de aprendizaje reales; que el tiempo de estudio es muy corto en la mayoría de los estudios de carga cognitiva y no refleja ni los tipos de tareas ni el tiempo de estudio que ocurrirían en entornos reales; y además, que las condiciones de estudio a menudo se construyen deliberadamente para demostrar efectos particulares que raramente ocurrirían en situaciones de aprendizaje reales (2010, pp. 123-125).

<sup>5</sup> Para obtener más detalles sobre el “efecto del problema resuelto”, consulte la tabla “Tipos de carga cognitiva” en la página 3.

<sup>6</sup> Una definición más reciente de los tipos de carga, sugerida por Sweller (2010), puede calmar estas preocupaciones.



## ¿Qué significa la teoría de la carga cognitiva para la práctica docente?

### Enseñanza explícita

La cuestión de cómo las personas aprenden mejor ha sido objeto de un debate significativo que se puede dividir en dos enfoques para la práctica docente. Por un lado, están aquellos que creen que todas las personas aprenden mejor cuando se les permite descubrir o construir parte o toda la información por sí mismos (por ejemplo, Bruner 1961; Papert 1980; Steffe & Gale 1995). Por otro lado, están aquellos que creen que a los estudiantes les va mejor cuando se les proporciona una enseñanza explícita guiada en la que los profesores muestran claramente a los estudiantes qué hacer y cómo hacerlo (por ejemplo, Klahr y Nigam 2004; Mayer 2004; Rosenshine 1986). La teoría de la carga cognitiva proporciona soporte teórico y empírico para este último modelo de enseñanza explícita. Los principales teóricos de la carga cognitiva argumentan:

*“Décadas de investigación demuestran claramente que para los principiantes (lo que incluye prácticamente a todos los estudiantes), la enseñanza directa y explícita es más efectiva y eficiente que la guía parcial. Entonces, al enseñar nuevos contenidos y habilidades a los principiantes, los profesores son más efectivos cuando brindan orientación explícita acompañada de práctica y comentarios, no cuando exigen a los estudiantes que descubran muchos de los aspectos de lo que deben aprender.”*

(Clark, Kirschner & Sweller 2012, p. 6, ver también Kirschner, Sweller & Clark 2006)

Es importante tener en cuenta que los teóricos de la carga cognitiva no recomiendan utilizar todo el tiempo los aspectos de la enseñanza explícita. De hecho, reconocen la necesidad de que los alumnos tengan la oportunidad de trabajar en grupos y resolver problemas de forma autónoma, aunque esto debería usarse como un medio para practicar el contenido y las habilidades recién aprendidas, no para descubrir información por sí mismos (Clark, Kirschner y Sweller 2012, p. 6).

Andrew Martin (2016), por ejemplo, aboga por un modelo de enseñanza diseñado explícitamente en torno a la teoría de la carga cognitiva y las limitaciones de la memoria de trabajo. Sin embargo, sugiere que los enfoques menos estructurados también pueden ser un método de enseñanza efectivo para los estudiantes que están más avanzados en el continuum “principiante-experto” sólo si dicha enseñanza está diseñada teniendo en cuenta las limitaciones de la memoria de trabajo.

*“Estos enfoques tienen como objetivo promover la independencia del alumno mientras se maneja la carga cognitiva de manera adecuada, dependiendo del estado del alumno en el continuum principiante-experto... Si el instructor proporciona una buena guía, información previa, indicaciones en el camino; y andamios y asistencia donde sea necesario, hay menos carga en memoria de trabajo.”*

(Martin 2016, p. 39)

Existen investigaciones que sugieren que el manejo de la carga cognitiva por parte de los alumnos a través de la enseñanza explícita también puede contribuir a mayores niveles de motivación y compromiso, aunque se requiere más investigación en este campo (Martin 2016).

Además de apoyar modos de enseñanza explícita, la teoría de la carga cognitiva también afirma que enseñar habilidades de dominio específico es más efectivo que enseñar habilidades genéricas (Paas & Sweller 2012; Tricot & Sweller 2014). Un ejemplo de una habilidad específica de dominio podría ser que, cuando se enfrenta a un problema como “ $a / b = c$ , despeja la incógnita  $a$ ”, uno debe multiplicar ambos lados por el denominador (Sweller 2016, p. 13). Un ejemplo de habilidad genérica en matemáticas podría ser la habilidad general de “resolución de problemas”, como por ejemplo la estrategia de generar movimientos aleatorios hasta encontrar la solución correcta. Los teóricos de la carga cognitiva sugieren que enseñar habilidades de dominio específico es más efectivo porque, si bien las habilidades generales de resolución de problemas son innatas a los humanos y, por lo tanto, no necesitan ser enseñadas explícitamente, los estudiantes no adquieren automáticamente habilidades de dominio específico sin una enseñanza explícita (Geary 2012 ; Tricot & Sweller 2014).



## Recomendaciones en relación con la teoría de la carga cognitiva para el aula

La teoría de la carga cognitiva ha generado varias recomendaciones con respecto a las técnicas de enseñanza directamente transferibles al aula. A continuación, se describe una selección de ellas para ilustrar cómo los profesores pueden utilizar la investigación empírica de la carga cognitiva para mejorar resultados en los estudiantes.

### Efecto del problema resuelto

Un “problema resuelto” consiste en mostrarle al alumno una actividad resuelta, con cada paso completamente explicado y claramente demostrado. El “efecto del problema resuelto” es el hallazgo ampliamente replicado de que los estudiantes principiantes que reciben problemas resueltos para estudiar se desempeñan mejor en las pruebas posteriores que los estudiantes que deben resolver problemas equivalentes de manera autónoma (Carroll 1994; Cooper y Sweller 1987; Sweller Cooper 1985). La razón de esto, según la teoría de la carga cognitiva, es que la solución mínimamente guiada de problemas supone una gran carga para la memoria de trabajo, lo cual termina inhibiendo la capacidad del alumno para transferir la información a su memoria a largo plazo. El alumno puede resolver eficazmente el problema, pero debido a que su memoria de trabajo estaba sobrecargada, es posible que no reconozca ni recuerde la regla que le permitiría resolver rápidamente el mismo problema otra vez.

### Efecto de inversión de la experticia

El “efecto de inversión de la experticia” es una excepción importante en lo referente al efecto del problema resuelto. Según el “efecto de inversión de la experticia”, el uso intensivo de problemas resueltos se vuelve cada vez menos efectivo a medida que aumenta la experticia de los alumnos, llegando a ser redundante<sup>7</sup> o, incluso, contraproducente para los resultados del aprendizaje (Leslie et al. 2012; Pachman, Sweller & Kalyuga 2013; Yeung, Jin y Sweller 1998). Esto significa que ciertos procedimientos de enseñanza como los problemas resueltos, los cuales contribuyen al aprendizaje de los principiantes porque reducen la carga cognitiva, suelen no ser efectivos con estudiantes expertos. Si bien la teoría de la carga cognitiva respalda la enseñanza completamente guiada para principiantes, también apoya el aumento gradual de tareas de resolución independiente de problemas a medida que los aprendices obtienen mayor experticia.

### Efecto de redundancia

Los estudiantes no aprenden eficientemente cuando la limitada memoria de trabajo se confronta con información innecesaria o redundante. El “efecto de redundancia” ocurre cuando a los alumnos se les presenta información adicional que no es necesariamente relevante para el aprendizaje, o cuando se les entrega la misma información, pero a través de diferentes formas. Un ejemplo de esto se encuentra en algunos textos escolares en los que la información se repite innecesariamente en texto y diagrama, o en una presentación de PowerPoint en la que el presentador lee el mismo texto plasmado en la pantalla. Exigir a los alumnos que procesen información redundante inhibe el aprendizaje porque sobrecarga la memoria de trabajo. Investigaciones sobre la carga cognitiva muestran que la mejor práctica es eliminar la información redundante del material de aprendizaje (Bobis, Sweller y Cooper 1994; Chandler y Sweller 1991; Mayer et al. 1996; Torcasio & Sweller 2010).

*“La mayoría de las personas supone que proporcionar a los alumnos información adicional es, en el peor de los casos, inofensivo y podría llegar a ser beneficioso. La redundancia es cualquier cosa menos inofensiva. Proporcionar información innecesaria puede ser una razón importante para el fracaso en la enseñanza.”*

(Sweller 2016, p. 8)

### Efecto de atención dividida

El “efecto de atención dividida” ocurre cuando se requiere que los alumnos procesen dos o más fuentes de información simultáneamente para comprender el contenido a ser aprendido. Esto puede ocurrir, por ejemplo, cuando se usa un diagrama para explicar un concepto, pero que, para ser entendido, requiere ser acompañado por un texto explicativo separado. En este caso, se requiere que el alumno mantenga ambas fuentes de información en su memoria de trabajo al mismo tiempo y que las integre mentalmente. Esto coloca una alta carga cognitiva en la memoria de trabajo, lo que interfiere con la capacidad del alumno para transferir la información relevante a su memoria a largo plazo. El “efecto de atención dividida” puede minimizarse o eliminarse integrando físicamente las fuentes de información separadas, para que el alumno no tenga que integrarlas mentalmente (Cerpa, Chandler y Sweller 1996; Owens y Sweller 2008; Tarmizi y Sweller 1988; Ward y Sweller 1990).

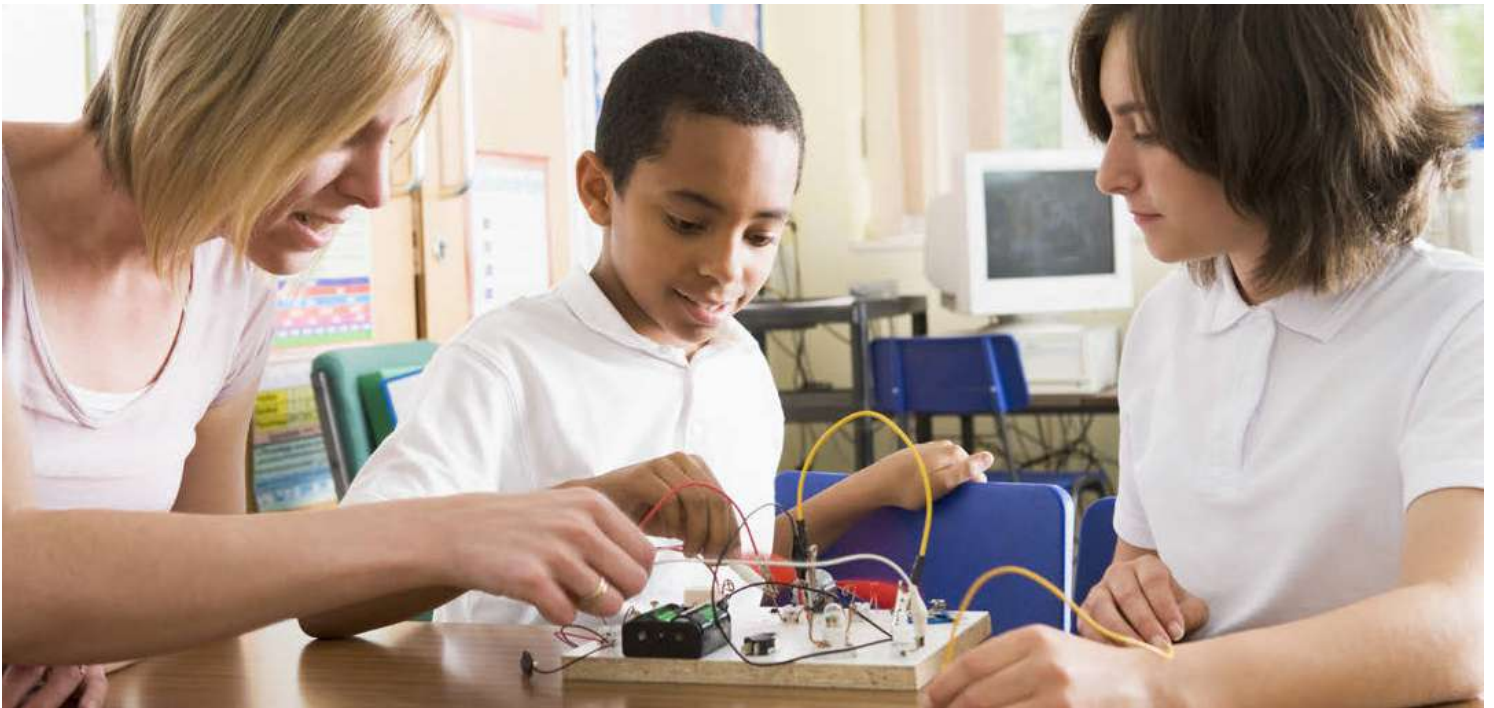
*“La atención dividida ocurre muy comúnmente en contextos de enseñanza. Sobre la base de docenas de experimentos en una amplia variedad de condiciones, la evidencia sugiere abrumadoramente que tiene consecuencias negativas y debe eliminarse siempre que sea posible.”*

(Sweller, van Merriënboer y Paas 1998, p. 281)

### Efecto de modalidad

El “efecto de modalidad” está asociado con el “efecto de atención dividida”, pero en vez de integrar físicamente diferentes fuentes de información, se ofrece una técnica alternativa para reducir la carga cognitiva. Esto consiste en disminuir la carga ajena en la memoria de trabajo utilizando más de un modo de comunicación, tanto visual como auditiva. La evidencia sugiere que la memoria de trabajo se puede subdividir en flujos auditivos y visuales (Baddeley 1983, 2002; Baddeley & Hitch 1974), por lo que presentar información que requiera el uso de la memoria de trabajo en forma auditiva y visual puede aumentar su capacidad (Penney 1989). Por ejemplo, cuando se usa un diagrama y un texto para explicar un concepto, el texto escrito se puede comunicar en forma hablada. El uso de canales auditivos y visuales aumenta la capacidad de la memoria de trabajo y facilita un aprendizaje más efectivo (Jeung, Chandler y Sweller 1997; Mousavi, Low y Sweller 1995; Tindall-Ford, Chandler y Sweller 1997).

<sup>7</sup> Ver el “Efecto de redundancia” que aparece más abajo.



## Relevancia de la investigación de la carga cognitiva en diferentes contextos

La teoría de la carga cognitiva es particularmente relevante para enseñar a estudiantes principiantes en el ámbito de los llamados “dominios técnicos” como las matemáticas, la ciencia y la tecnología. Un gran número de ECAs demuestran la efectividad de los enfoques de enseñanza recomendados por la teoría de la carga cognitiva en asignaturas como matemáticas y ciencias (por ejemplo, Bokosmaty, Sweller y Kalyuga 2015; Carlson, Chandler y Sweller 2003; Owen y Sweller 1985; Sweller y Cooper, 1985; Zhu y Simon 1987). Se han realizado muchas menos investigaciones sobre si la teoría de la carga cognitiva es efectiva para la enseñanza en áreas temáticas menos técnicas o más creativas, como literatura, historia, arte y otras materias humanistas (para excepciones, ver Kyun, Kalyuga & Sweller 2013; Rourke & Sweller 2009; Schworm & Renkl 2007).

La mayoría de los estudios sobre la carga cognitiva no consideran cómo las diferencias individuales entre los alumnos pueden afectar la carga cognitiva (con la excepción de las diferencias en cuanto a la experticia)<sup>8</sup>. De Jong (2010) identifica como ejemplos de otras consideraciones relevantes, las diferencias en la habilidad espacial y en la capacidad de la memoria de trabajo. La literatura sobre la teoría de la carga cognitiva tampoco menciona cómo otros factores además de la carga cognitiva pueden influir en la efectividad del aprendizaje. Roxana Moreno (2010) señala que la teoría de la carga cognitiva no considera, por ejemplo, cómo algunos factores como la motivación y las creencias de un alumno sobre su propia capacidad, pueden influir en la efectividad del aprendizaje.

## Conclusión

La teoría de la carga cognitiva es una teoría de cómo el cerebro humano aprende y almacena el conocimiento. Esta teoría está respaldada por un gran número de ECAs y tiene implicancias significativas para la práctica docente.

La investigación sobre la carga cognitiva demuestra que los métodos de enseñanza son más efectivos cuando están diseñados para ajustarse a los límites hasta ahora conocidos de la memoria de trabajo y, por lo tanto, entrega sustento a los modelos de enseñanza guiada. Esta teoría ofrece también una gama de recomendaciones respaldadas empíricamente para la práctica educativa, especialmente cuando se trata de enseñar a estudiantes principiantes en áreas “técnicas” como las matemáticas, las ciencias y la tecnología.

<sup>8</sup> Una excepción es una serie de estudios de van Gerven et al. (2002, 2004) que examinan el impacto de la edad en la capacidad cognitiva.


## Referencias

- Anderson, R 1977, 'The notion of schemata and the educational enterprise: General discussion of the conference', in R Anderson, R Spiro & W Montague (eds), *Schooling and the acquisition of knowledge*, Erlbaum, Hillsdale N.J., pp. 415-431.
- Anderson, R 1978, 'Schema-directed processes in language comprehension', in A Lesgold, J Pellegrino, S Fokkema & R Glaser (eds), *Cognitive psychology and instruction*, Plenum, New York, pp. 67-82.
- Atkinson, R & Shiffrin, R 1968, 'Human memory: A proposed system and its control processes', in K Spence (ed), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, vol. 2, Academic Press, New York, pp. 89-195.
- Baddeley, A 1983, 'Working memory', *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, vol. 302, no. 1110, pp. 311-324.
- Baddeley, A 2002, 'Is working memory still working?', *European Psychologist*, vol. 7, no. 2, pp. 85-97.
- Baddeley, A & Hitch, G 1974, 'Working memory', in G Bower (ed), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, vol. 8, Academic Press, New York, pp. 47-89.
- Bannert, M 2002, 'Managing cognitive load: Recent trends in cognitive load theory', *Learning and Instruction*, vol. 12, no. 1, pp. 139-146.
- Barrett, L, Tudage, M & Engel, R 2004, 'Individual differences in working memory capacity and dual process theories of the mind', *Psychological Bulletin*, vol. 130, no. 4, pp. 553-573.
- Bartlett, F 1932, *Remembering: A study in experimental and social psychology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Bobis, J, Sweller, J & Cooper, M 1994, 'Demands imposed on primary school students by geometric models', *Contemporary Education Psychology*, vol. 19, no. 1, pp. 108-117.
- Bokosmaty, S, Sweller, J & Kalyuga, S 2015, 'Learning geometry problem solving by studying worked examples: Effects of learner guidance and expertise', *American Educational Research Journal*, vol. 52, no. 2, pp. 307-333.
- Brünken, R, Plass, J & Leutner, D 2003, 'Direct measurement of cognitive load in multimedia learning', *Educational Psychologist*, vol. 38, no. 1, pp. 53-61.
- Bruner, J 1961, 'The art of discovery', *Harvard Educational Review*, vol. 31, pp. 21-32.
- Carlson, R, Chandler, P & Sweller, J 2003, 'Learning and understanding science instructional material', *Journal of Educational Psychology*, vol. 95, no. 3, pp. 629-640.
- Carroll, W 1994, 'Using worked examples as an instructional support in the algebra classroom', *Journal of Educational Psychology*, vol. 86, no. 3, pp. 360-367.
- Centre for Education Statistics and Evaluation 2014, *What works best: Evidence-based teaching practices to help improve NSW student performance*, literature review.
- Centre for Education Statistics and Evaluation 2017, *Effective reading instruction in the early years of school*, literature review.
- Cerpa, N, Chandler, P & Sweller, J 1996, 'Some conditions under which integrated computer based training software can facilitate learning', *Journal of Educational Computing Research*, vol. 15, no. 4, pp. 345-367.
- Chandler, P & Sweller, J 1991, 'Cognitive load theory and the format of instruction', *Cognition and Instruction*, vol. 8, no. 4, pp. 293-332.
- Chandler & Sweller 1996, 'Cognitive load while learning to use a computer program', *Applied Cognitive Psychology*, vol. 10, no. 2, pp. 151-170.
- Clark, R, Kirschner, P & Sweller, J 2012, 'Putting students on the path to learning: The case for fully guided instruction', *American Educator*, Spring, pp. 6-11.
- Cooper, G & Sweller, J 1987, 'Effects of schema acquisition and rule automation on mathematical problem-solving transfer', *Journal of Educational Psychology*, vol. 79, no. 4, pp. 347-362.
- Cowan, N 2001, 'The magical number 4 in short-term memory: A reconsideration of mental storage capacity', *Behavioural and Brain Sciences*, vol. 24, no. 1, pp. 87-114.
- Cowan, N 2008, 'What are the differences between long-term, short-term, and working memory?', *Progress in Brain Research*, vol. 169, pp. 323-338.
- Crissman, J 2006, *The design and utilization of effective worked examples: A meta-analysis*, unpublished doctoral thesis, University of Nebraska, Lincoln N.E.
- De Jong, T 2010, 'Cognitive load theory, educational research, and instructional design: Some food for thought', *Instructional Science*, vol. 38, no. 2, pp. 105-134.
- DeLeeuw, K & Mayer, R 2008, 'A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load', *Journal of Educational Psychology*, vol. 100, pp. 223-234.
- Fredericks, T, Choi, S, Hart, J, Butt, S & Mital, A 2005, 'An investigation of myocardial aerobic capacity as a measure of both physical and cognitive workloads', *International Journal of Industrial Ergonomics*, vol. 35, no. 12, pp. 1097-1107.
- Geary, D 2012, 'Evolutionary educational psychology', in K Harris, S Graham & T Urdan (eds), *APA Educational Psychology Handbook*, vol. 1, American Psychological Association, Washington D.C., pp. 597-621.
- Gerjets, P, Scheiter, K & Cierniak, G 2009, 'The scientific value of cognitive load theory: A research agenda based on the structuralist view of theories', *Educational Psychology Review*, vol. 21, no. 1, pp. 43-54.
- Hattie, J 2009, *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*, Routledge, London and New York.
- Jeung, H, Chandler, P & Sweller, J 1997, 'The role of visual indicators in dual sensory mode instruction', *Educational Psychology*, vol. 17, no. 3, pp. 329-343.
- Kalyuga, S 2011, 'Cognitive load theory: How many types of load does it really need?', *Educational Psychology Review*, vol. 23, no. 1, pp. 1-19.


- Kirschner, P, Sweller, J & Clark, R 2006, 'Why minimal guidance during instruction does not work: An analysis of the failure of constructivist, discovery, problem-based, experiential and inquiry-based teaching', *Educational Psychologist*, vol. 41, no. 2, pp. 75-86.
- Klahr, D & Nigam, M 2004, 'The equivalence of learning paths in early science education: Effects of direct instruction and discovery learning', *Psychological Science*, vol. 15, no. 10, pp. 661-667.
- Kyun, S, Kalyuga, S & Sweller, J 2013, 'The effect of worked examples when learning to write essays in English literature', *Journal of Experimental Education*, vol. 81, no. 3, pp. 385-408.
- Laberge, D & Samuels, J 1974, 'Toward a theory of automatic information processing in reading', *Cognitive Psychology*, vol. 6, no. 2, pp. 293-323.
- Leppink, J, Paas, F, van Gog, T, van der Vleuten, C & van Merriënboer, J 2014, 'Effects of pairs of problems and examples on task performance and different types of cognitive load', *Learning and Instruction*, vol. 30, pp. 32-42.
- Leslie, K, Low, R, Jin, P & Sweller, J 2012, 'Redundancy and expertise reversal effects when using educational technology to learn primary school science', *Educational Technology Research and Development*, vol. 60, no. 1, pp. 1-13.
- Martin, A 2016, *Using Load Reduction Instruction (LRI) to boost motivation and engagement*, British Psychological Society, Leicester UK.
- Mayer, R 2004, 'Should there be a three-strikes rule against pure discovery learning? The case for guided methods of instruction', *American Psychologist*, vol. 59, no. 1, pp. 14-19.
- Mayer, R, Bove, W, Bryman, A, Mars, R & Tapangco, L 1996, 'When less is more: Meaningful learning from visual and verbal summaries of science textbook lessons', *Journal of Educational Psychology*, vol. 88, no. 1, pp. 64-73.
- Mayer, R, Hegarty, M, Mayer, S & Campbell, J 2005, 'When static media promote active learning: Annotated illustrations versus narrated animations in multimedia instruction', *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 11, no. 4, pp. 256-265.
- Moreno, R 2010, 'Cognitive load theory: More food for thought', *Instructional Science*, vol. 38, no. 2, pp. 135-141.
- Mousavi, S, Low, R & Sweller, J 1995, 'Reducing cognitive load by mixing auditory and visual presentation modes', *Journal of Educational Psychology*, vol. 87, no. 2, pp. 319-334.
- Murata, A 2005, 'An attempt to evaluate mental workload using wavelet transform of EEG', *Human Factors*, vol. 47, no. 3, pp. 498-508.
- Owen, E & Sweller, J 1985, 'What do students learn while solving mathematics problems?', *Journal of Educational Psychology*, vol. 77, no. 3, pp. 272-284.
- Owens, P & Sweller, J 2008, 'Cognitive load theory and music instruction', *Educational Psychology*, vol. 28, no. 1, pp. 29-45.
- Paas, F 1992, 'Training strategies for attaining transfer of problem-solving skill in statistics: A cognitive-load approach', *Journal of Educational Psychology*, vol. 84, no. 4, pp. 429-434.
- Paas, F, Renkl, A & Sweller, J 2003, 'Cognitive load theory and instructional design: Recent developments', *Educational Psychologist*, vol. 38, no. 1, pp. 1-4.
- 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*, vol. 24, no. 1, pp. 27-45.
- Paas, F, Tuovinen, J, Tabbers, H & van Gerven, P 2003, 'Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory', *Educational Psychologist*, vol. 38, no. 1, pp. 63-71.
- Paas, F & van Merriënboer, J 1994, 'Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive load approach', *Journal of Educational Psychology*, vol. 86, no. 1, pp. 122-133.
- Paas, F, van Merriënboer, J & Adam, J 1994, 'Measurement of cognitive load in instructional research', *Perceptual and Motor Skills*, vol. 79, no. 1, pp. 419-430.
- Pachman, M, Sweller, J & Kalyuga, S 2013, 'Levels of knowledge and deliberate practice', *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 19, no. 2, pp. 108-119.
- Papert, S 1980, *Mindstorms: Children, computers and powerful ideas*, Basic Books, New York.
- Park, B 2010, *Testing the additivity hypothesis of cognitive load theory*, doctoral thesis, Saarland University, Saarbrücken, viewed 3 April 2017, <<http://d-nb.info/1008991783/34>>.
- Penney, C 1989, 'Modality effects and the structure of short-term verbal memory', *Memory and Cognition*, vol. 17, no. 4, pp. 389-422.
- Peterson, L & Peterson, M 1959, 'Short-term retention of individual verbal items', *Journal of Experimental Psychology*, vol. 58, no. 3, pp. 193-198.
- Piaget, J 1928 *Judgement and reasoning in the child*, Harcourt, New York.
- Pillay, H 1994, 'Cognitive load and mental rotation: Structuring orthographic projection for learning and problem solving', *Instructional Science*, vol. 22, no. 2, pp. 91-113.
- Pollock, E, Chandler, P & Sweller, J 2002, 'Assimilating complex information', *Learning and Instruction*, vol. 12, no. 1, pp. 61-86.
- Quilici, J & Mayer, R 1996, 'Role of examples in how students learn to categorize statistics word problems', *Journal of Educational Psychology*, vol. 88, no. 1, pp. 144-161.
- Rosenshine, B 1986, 'Synthesis of research on explicit teaching', *Educational Leadership*, vol. 43, no. 7, pp. 60-69.
- Rourke, A & Sweller, J 2009, 'The worked-example effect using ill-defined problems: Learning to recognise designers' styles', *Learning and Instruction*, vol. 19, no. 2, pp. 185-199.
- Schnotz, W & Kürschner, C 2007, 'A reconsideration of cognitive load theory', *Educational Psychology Review*, vol. 19, no. 4, pp. 469-508.

- Schultheis, H & Jameson, A 2004, 'Assessing cognitive load in adaptive hypermedia systems: Physiological and behavioural methods', in P DeBra & W Nejdil (eds), *Adaptive hypermedia and adaptive web-based systems*, vol. 3137, Springer, Berlin, pp. 225-234.
- Schworm, S & Renkl, A 2007, 'Learning argumentation skills through the use of prompts for self-explaining examples', *Journal of Educational Psychology*, vol. 99, no. 2, pp. 285-296.
- Smith, E & Jonides, J 1997, 'Working memory: A view from neuroimaging', *Cognitive Psychology*, vol. 33, no. 1, pp. 5-42.
- Steffe, L & Gale, J (eds) 1995, *Constructivism in education*, Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale N.J.
- Stull, A & Mayer, R 2007, 'Learning by doing versus learning by viewing: Three experimental comparisons of learner-generated versus author-provided graphic organisers', *Journal of Educational Psychology*, vol. 99, no. 4, pp. 808-820.
- Sweller, J 1988 'Cognitive load during problem solving: Effects on learning', *Cognitive Science*, vol. 12, no. 2, pp. 257-285.
- Sweller, J 1994, 'Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design', *Learning and Instruction*, vol. 4, no. 4, pp. 295-312.
- Sweller, J 1999, *Instructional design in technical areas*, ACER Press, Camberwell.
- Sweller, J 2010, 'Element interactivity and intrinsic, extraneous and germane cognitive load', *Educational Psychology Review*, vol. 22, no. 2, pp. 123-138.
- Sweller, J 2016, 'Story of a research program', *Education Review*, vol. 23, pp. 1-18.
- Sweller, J & Chandler, P 1994, 'Why some material is difficult to learn', *Cognition and Instruction*, vol. 12, no. 3, pp. 185-233.
- Sweller, J & Cooper, G 1985, 'The use of worked examples as a substitute for problem solving in learning algebra', *Cognition and Instruction*, vol. 2, no. 1, pp. 59-89.
- Sweller, J, van Merriënboer, J & Paas, F 1998, 'Cognitive architecture and instructional design', *Educational Psychology Review*, vol. 10, no. 3, pp. 251-296.
- Tarmizi, R & Sweller, J 1988, 'Guidance during mathematical problem solving', *Journal of Educational Psychology*, vol. 80, no. 4, pp. 424-436.
- Tindall-Ford, S, Chandler, P & Sweller, J 1997, 'When two sensory modes are better than one', *Journal of Experimental Psychology: Applied*, vol. 3, no. 4, pp. 257-287.
- Torcasio, S & Sweller, J 2010, 'The use of illustrations when learning to read: A cognitive load approach', *Applied Cognitive Psychology*, vol. 24, no. 5, pp. 659-672.
- Tricot, A & Sweller, J 2014, 'Domain-specific knowledge and why teaching generic skills does not work', *Educational Psychology Review*, vol. 26, no. 2, pp. 265-283.
- Tulving, E 1972, 'Episodic and semantic memory', in E Tulving & W Donaldson (eds), *Organization of memory*, Academic Press, New York, pp. 381-403.
- Tuovinen, J & Sweller, J 1999, 'A Comparison of cognitive load associated with discovery learning and worked examples', *Journal of Educational Psychology*, vol. 91, no. 2, pp. 334-341.
- van Gerven, P, Paas, F, van Merriënboer, J & Schmidt H 2002, 'Cognitive load theory and aging: Effects of worked examples on training efficiency', *Learning and Instruction*, vol. 12, no. 1, pp. 87-105.
- van Gerven, P, Paas, F, van Merriënboer, J & Schmidt H 2004, 'Memory load and the cognitive pupillary response in aging', *Psychophysiology*, vol. 41, no. 2, pp. 167-174.
- van Merriënboer, J, Kester, L & Paas, F (2006), 'Teaching complex rather than simple tasks: Balancing intrinsic and germane load to enhance transfer of learning', *Applied Cognitive Psychology*, vol. 20, no. 3, pp. 343-352.
- van Merriënboer, J, Kirschner, P & Kester, L 2003, 'Taking the load off a learner's mind: Instructional design for complex learning', *Educational Psychologist*, vol. 38, no. 1, pp. 5-14.
- van Merriënboer, J & Sweller, J 2005, 'Cognitive load theory and complex learning: Recent developments and future directions', *Educational Psychology Review*, vol. 17, no. 2, pp. 147-177.
- Ward, M & Sweller, J 1990, 'Structuring effective worked examples', *Cognition and Instruction*, vol. 7, no. 1, pp. 1-39.
- Wiliam, D 2017, I've come to the conclusion Sweller's Cognitive Load Theory is the single most important thing for teachers to know <<http://bit.ly/2kouLOq>>, tweet, viewed 24 March 2017, <<https://twitter.com/dylanwiliam/status/824682504602943489>>.
- Yeung, A, Jin, P & Sweller, J 1998, 'Cognitive load and learner expertise: Split attention and redundancy effects in reading with explanatory notes', *Contemporary Educational Psychology*, vol. 23, no. 1, pp. 1-21.
- Zhu, X & Simon, H 1987, 'Learning mathematics from examples and by doing', *Cognition and Instruction*, vol. 4, no. 3, pp. 137-166.

Centre for Education Statistics and Evaluation  
GPO Box 33  
Sydney NSW 2001 Australia

 02 9561 1211

 [cese@det.nsw.edu.au](mailto:cese@det.nsw.edu.au)

 [www.cese.nsw.gov.au](http://www.cese.nsw.gov.au)

© NSW Department of Education  
September 2017



**Education**  
Centre for Education  
Statistics & Evaluation

  
FUNDACIÓN EDUCACIONAL  
Hernán Briones Gorostiaga

Traducido por:  
**Aptus.org**

