

**Aptus Estudios**

De la evidencia a la práctica

Serie: *¿Cómo aprenden las personas?*

# DANDO A CONOCER LA CIENCIA DEL APRENDIZAJE

Publicado por Aptus en agosto de 2023

Documento original de



FUNDACIÓN EDUCACIONAL  
Hernán Briones Gorostiaga



Traducido por:  
**Aptus.org**



# DANDO A CONOCER LA CIENCIA DEL APRENDIZAJE

[Yana Weinstein](#)<sup>1</sup>, Christopher R. Madan<sup>2,3</sup>  
y Megan A. Sumeracki<sup>4</sup>

## Resumen

La ciencia del aprendizaje nos ha ayudado considerablemente a comprender las estrategias efectivas de enseñanza y aprendizaje. Sin embargo, son pocos los docentes fuera de este campo que están al tanto de estas investigaciones. En esta revisión tutorial, nos enfocamos en seis estrategias cognitivas específicas que han recibido un apoyo sólido a partir de décadas de investigación: práctica espaciada, práctica intercalada, práctica de recuperación, elaboración, uso de ejemplos concretos y la codificación dual. Describimos la investigación básica y la investigación aplicada relevante que hay detrás de cada estrategia, presentamos ejemplos de implementación existentes y sugeridos, y hacemos recomendaciones para futuras investigaciones que podrían ampliar el alcance de estas estrategias.

Palabras clave: Educación, Aprendizaje, Memoria, Enseñanza

\* Correspondencia: [Yana\\_Weinstein@uml.edu](mailto:Yana_Weinstein@uml.edu)

<sup>1</sup> Departamento de Psicología, Universidad de Massachusetts Lowell, Lowell, MA, Estados Unidos  
La lista completa de información del autor está disponible al final del artículo.



## Importancia

Actualmente, la educación no se adhiere al modelo de prácticas basadas en evidencia como sí lo hace la medicina (Roediger, 2013). Sin embargo, en las últimas décadas, nuestro campo ha logrado avances significativos en la aplicación de procesos cognitivos a la educación. A partir de este trabajo, se pueden hacer recomendaciones específicas para que los estudiantes aumenten su eficiencia de aprendizaje (Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan y Willingham, 2013; Roediger, Finn y Weinstein, 2012). En concreto, una revisión publicada hace 10 años identificó un número limitado de técnicas de estudio que han recibido evidencia sólida de múltiples investigaciones sobre lo mismo que prueban su efectividad dentro y fuera de las salas de clases (Pashler *et al.*, 2007). Un análisis reciente de libros de texto educacionales (Pomerance, Greenberg y Walsh, 2016) consideró las seis estrategias de aprendizaje clave de este informe de Pashler y sus colegas, y encontró que muy pocos libros de texto para formar docentes cubrían algunos de estos seis principios, y ninguno los cubría todos, lo que sugiere que estas estrategias no se están aplicando sistemáticamente en las salas de clases. Esto ocurre a pesar de las múltiples publicaciones académicas recientes (por ejemplo, Dunlosky *et al.*, 2013) y de las publicaciones para audiencia general (por ejemplo, Dunlosky, 2013) sobre estas estrategias. En esta revisión con foco en enseñar, presentamos la ciencia básica detrás de cada uno de estos seis principios clave, junto con investigaciones más recientes sobre su efectividad en salas de clases reales y sugerimos ideas para su implementación pedagógica. El público objetivo de esta revisión es: (a) educadores que podrían estar interesados en integrar las estrategias en su práctica docente, (b) investigadores de la ciencia del aprendizaje que buscan preguntas abiertas para ayudar a determinar las prioridades de sus investigaciones futuras y (c) investigadores de otros subcampos interesados en las formas en que se han aplicado los principios de la psicología cognitiva a la educación.

Si bien un docente con una formación típica puede no estar expuesto a esta área de investigación durante su formación docente, recientemente ha surgido un pequeño grupo de profesores muy interesados en la psicología cognitiva. Estos profesores son principalmente de Reino Unido y, anecdóticamente (por ejemplo, Dennis (2016), comunicación

personal), parecen haberse interesado en la ciencia del aprendizaje después de leer *Make it Stick* (Apréndetelo) (Brown, Roediger y McDaniel, 2014; ver Clark (2016) para una revisión entusiasta de este libro en el blog de un docente, y “*Learning Scientists*” (2016c) para una colección de publicaciones). Además, un movimiento nacido de la mano de profesores ha llevado a la creación de “researchED”, una serie de conferencias sobre educación basada en evidencia (researchED, 2013)<sup>2</sup>. Los profesores que forman parte de esta red discuten con frecuencia las técnicas de la psicología cognitiva y sus aplicaciones a la educación en redes sociales (principalmente en Twitter; por ejemplo, Fordham, 2016; Penfound, 2016) y en sus blogs, como *Evidence Into Practice* (<https://Evidenceintopractice.wordpress.com>), *My Learning Journey* (<http://reflectionsofmyteaching.blogspot.com>) y *The Effortful Educator* (<https://theeffortfuleducator.com>)<sup>3</sup>. En general, los profesores que escriben sobre estos temas prestan especial atención a la literatura relevante, citando a menudo algunos de los trabajos descritos en esta revisión.

Estos escritos informales, junto con permitir a los profesores explorar su enfoque de la práctica docente (Luehmann, 2008), nos brindan una ventana única hacia la aplicación de la ciencia del aprendizaje en la sala de clases. Al analizar estos blogs, no solo observamos cómo la investigación básica [en laboratorios] sobre procesos cognitivos está siendo aplicada en las salas de clases por los profesores que la leen, sino que también vemos cómo se está aplicando con errores y qué preguntas pueden estar planteando los profesores que no han sido abordadas en la literatura científica. A lo largo de esta revisión, ilustramos cada estrategia con ejemplos de cómo se pueden implementar (ver Tabla 1 y Figura 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7) y también con importantes publicaciones de blogs de profesores que reflejan su aplicación y aprovechan este trabajo para señalar vías fructíferas para una futura investigación básica y aplicada.

## Práctica espaciada

Los beneficios de la práctica espaciada (o distribuida) para el aprendizaje son posiblemente una de las contribuciones más sólidas que la psicología cognitiva ha hecho a la educación (Kang, 2016). El efecto es simple: la misma cantidad de estudio

<sup>1</sup> **Nota del traductor:** Aptus organiza la versión de researchED en español en Chile, evento que hasta el año 2022 fue el único realizado en habla hispana. Para saber más visita la web de [researchED Chile](https://researchED Chile).

<sup>2</sup> **Nota del traductor:** En nuestro blog de Aptus contamos con publicaciones traducidas de otros autores que discuten la aplicación de las ciencias cognitivas en las aulas. Por ejemplo, Harry Fletcher-Wood, Doug Lemov, Daniel Willingham, Paul Kirschner y Mirjam Neelen. Además de diversos documentos de difusión como [artículos e infografías](#).

de la misma información, pero espaciada en el tiempo conducirá a una mayor retención de esa información a largo plazo; en comparación con el estudio acumulado de la misma información durante la misma cantidad de tiempo, pero en solo una sesión de estudio. Los beneficios de esta práctica distribuida se demostraron empíricamente por primera vez en el siglo XIX. Como parte de su extensa investigación sobre su propia memoria, Ebbinghaus (1885/1913) descubrió que cuando espaciaba las repeticiones en 3 días, podía reducir casi a la mitad el número de repeticiones necesarias para volver a aprender una serie de 12 sílabas en un día (Capítulo 8). Por lo tanto, concluyó que “una distribución adecuada de [repeticiones] en un espacio de tiempo es decididamente más ventajosa que la acumulación de ellas en un solo momento” (Sección 34). Para aquellos que quieran leer más sobre la contribución de Ebbinghaus a la investigación de la memoria, Roediger (1985) brinda un excelente resumen.

Desde entonces, cientos de estudios han analizado los efectos del espaciado tanto en laboratorios como en salas de clases (Kang, 2016). La práctica espaciada parece ser particularmente útil en intervalos grandes de retención: en el metanálisis de Cepeda, Pashler, Vul, Wixted y Rohrer (2006), todos los estudios con un intervalo de retención superior a un mes mostraron un beneficio claro de la práctica distribuida. La “nueva teoría del desuso” (Bjork y Bjork, 1992) proporciona una explicación con influencia de la mecánica sobre los beneficios del espaciado para el aprendizaje. Esta teoría postula que los recuerdos tienen tanto fuerza de recuperación

como fuerza de almacenamiento. Mientras se cree que la fuerza de recuperación mide la facilidad con la que se puede recuperar un recuerdo en un momento dado, la fuerza de almacenamiento (que no se puede medir directamente) representa la medida en que un recuerdo está realmente integrado en la mente. Cuando estudiamos, tanto la fuerza de recuperación como la fuerza de almacenamiento reciben una mejora. Sin embargo, la cantidad de impulso que recibe la fuerza de almacenamiento depende de la fuerza de recuperación, cuya relación es negativa: mientras mayor es la fuerza de recuperación del momento, menores son las ganancias en la fuerza de almacenamiento. Por lo tanto, la información aprendida a través del estudio acumulado se olvidará rápidamente debido a la alta fuerza de recuperación y a la baja fuerza de almacenamiento (Bjork y Bjork, 2011), mientras que el aprendizaje espaciado aumentará la fuerza de almacenamiento al permitir que la fuerza de recuperación disminuya antes de volver a estudiar.

Los profesores pueden introducir el espaciado a sus alumnos de dos formas. Una implica generar oportunidades para repasar la información a lo largo del semestre o incluso en semestres futuros. Esto requiere una planificación inicial y puede ser difícil de lograr, dadas las limitaciones de tiempo y la necesidad de cubrir un currículum establecido. Sin embargo, el espaciado se puede lograr sin grandes costos si los profesores reservan unos minutos por clase para revisar la información de las clases anteriores.

Estrategia de aprendizaje	Descripción	Ejemplos de aplicación (utilizando bases biológicas del comportamiento de la psicología básica)
Práctica espaciada	Crear un horario de estudio que distribuya las actividades de estudio a lo largo del tiempo.	Los estudiantes pueden reservar tiempo para estudiar y reestudiar conceptos clave (como los potenciales de acción y el sistema nervioso) varios días antes de un examen, en lugar de estudiar repetidamente estos conceptos justo antes del examen.
Práctica intercalada	Cambiar de tema mientras se estudia.	Después de estudiar el sistema nervioso periférico durante unos minutos, los estudiantes pueden cambiar al sistema nervioso simpático y luego al parasimpático. La próxima vez, los estudiantes pueden estudiar los tres en un orden diferente, explicitando qué nuevas conexiones pueden hacer entre los sistemas.
Práctica de recuperación	Recuperar información aprendida que se encuentra en la memoria largo plazo y llevarla a la memoria de trabajo.	Al aprender sobre la comunicación neuronal, los estudiantes pueden practicar escribiendo, desde su memoria y sin consultar sus apuntes, cómo las neuronas trabajan juntas en el cerebro para enviar mensajes (desde las dendritas al soma, al axón, a los botones terminales).
Elaboración	Preguntar y explicar por qué y cómo funcionan las cosas.	Los estudiantes pueden preguntar y explicar por qué el Botox previene las arrugas: el sistema nervioso no puede enviar mensajes para mover ciertos músculos.
Ejemplos concretos	Estudiar conceptos abstractos, ilustrándolos con ejemplos específicos.	Los estudiantes pueden imaginar el siguiente ejemplo para explicar el sistema nervioso periférico: suena una alarma de incendio. El sistema nervioso simpático permite a las personas salir rápidamente del edificio; el sistema parasimpático reduce los niveles de estrés cuando se apaga la alarma de incendio.
Codificación dual	Combinar palabras con elementos visuales.	Los estudiantes pueden dibujar dos neuronas y explicar cómo una se comunica con la otra a través de la brecha sináptica.

**Tabla 1** Seis estrategias para un aprendizaje efectivo, cada una ilustrada con un ejemplo de implementación a partir de las bases biológicas del comportamiento.

El segundo método implica poner la responsabilidad de espaciar en los propios estudiantes. Por supuesto, esto funcionaría mejor con estudiantes mayores, de educación secundaria en adelante. Como el espaciado requiere una planificación anticipada, es fundamental que el profesor ayude a los estudiantes a planificar sus estudios. Por ejemplo, los profesores podrían sugerir que los estudiantes programen sesiones de estudio en días que se alternan con los días en que asisten a una clase en particular (por ejemplo, programar sesiones de revisión para el martes y jueves cuando la clase ocurre el lunes y miércoles; ver Figura 1 para obtener una descripción más completa de un horario semanal de práctica espaciada). Es importante tener en cuenta que el efecto del espaciado se refiere a una misma información que se repite varias veces, no a la idea de estudiar diferentes materiales

en una sesión larga en lugar de espaciarlos en pequeñas sesiones de estudio a lo largo del tiempo. Sin embargo, para los profesores y particularmente para los estudiantes que planean un horario de estudio, la sutil diferencia entre las dos situaciones (espaciar las oportunidades de reestudio, versus espaciar el estudio de información diferente a lo largo del tiempo) puede perderse. Las investigaciones futuras deben abordar los efectos de espaciar el estudio de información diferente a lo largo del tiempo, también si se aplican las mismas consideraciones en esta situación en comparación con espaciar las oportunidades de reestudio, y deben abordar qué tan importante es para los profesores y los estudiantes comprender la diferencia entre estos dos tipos de práctica espaciada.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes	Sábado	Domingo
9 am	Matemáticas	Ciencias	Inglés <sup>4</sup>	Historia			
10 am	Ciencias	Inglés	Historia	Matemáticas			
11 am	Francés	Historia	Matemáticas	Ciencias	Matemáticas		
12 pm	Almuerzo						
1 pm	Música	Lenguaje	Educación física	Artes	Educación física		Estudiar matemáticas
2 pm	Lenguaje	Educación física	Artes	Música	Francés		
3 pm	Educación física	Artes	Música	Lenguaje	Ciencias		
4 pm							
5 pm		Estudiar matemáticas	Estudiar ciencias	Estudiar inglés	Estudiar historia		

**Fig. 1** Horario con práctica espaciada para una semana. Este horario está diseñado para representar un horario típico de secundaria. El horario incluye cuatro sesiones de estudio de una hora, una sesión de estudio más larga el fin de semana y un día de descanso. Observa que cada asignatura se estudia un día después de haberla estudiado en la escuela, para crear un espacio entre las clases y las sesiones de estudio.

*Copyright note:* esta imagen ha sido producida por los autores.

**4 Nota del traductor:** la planificación semanal original incluye la asignatura Francés, sin embargo se decidió adaptarla a lo más común en Chile: asignatura de Inglés.

A)

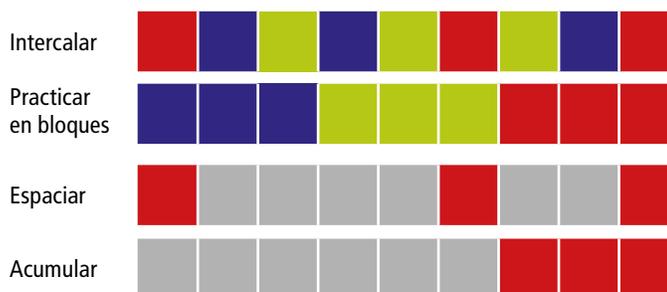
Práctica en bloques

$\frac{5}{9} \times \frac{1}{8} = ?$	$\frac{1}{6} \times \frac{2}{7} = ?$	$\frac{4}{5} \times \frac{2}{3} = ?$	$\frac{2}{9} \times \frac{3}{5} = ?$
--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------	--------------------------------------

Práctica intercalada

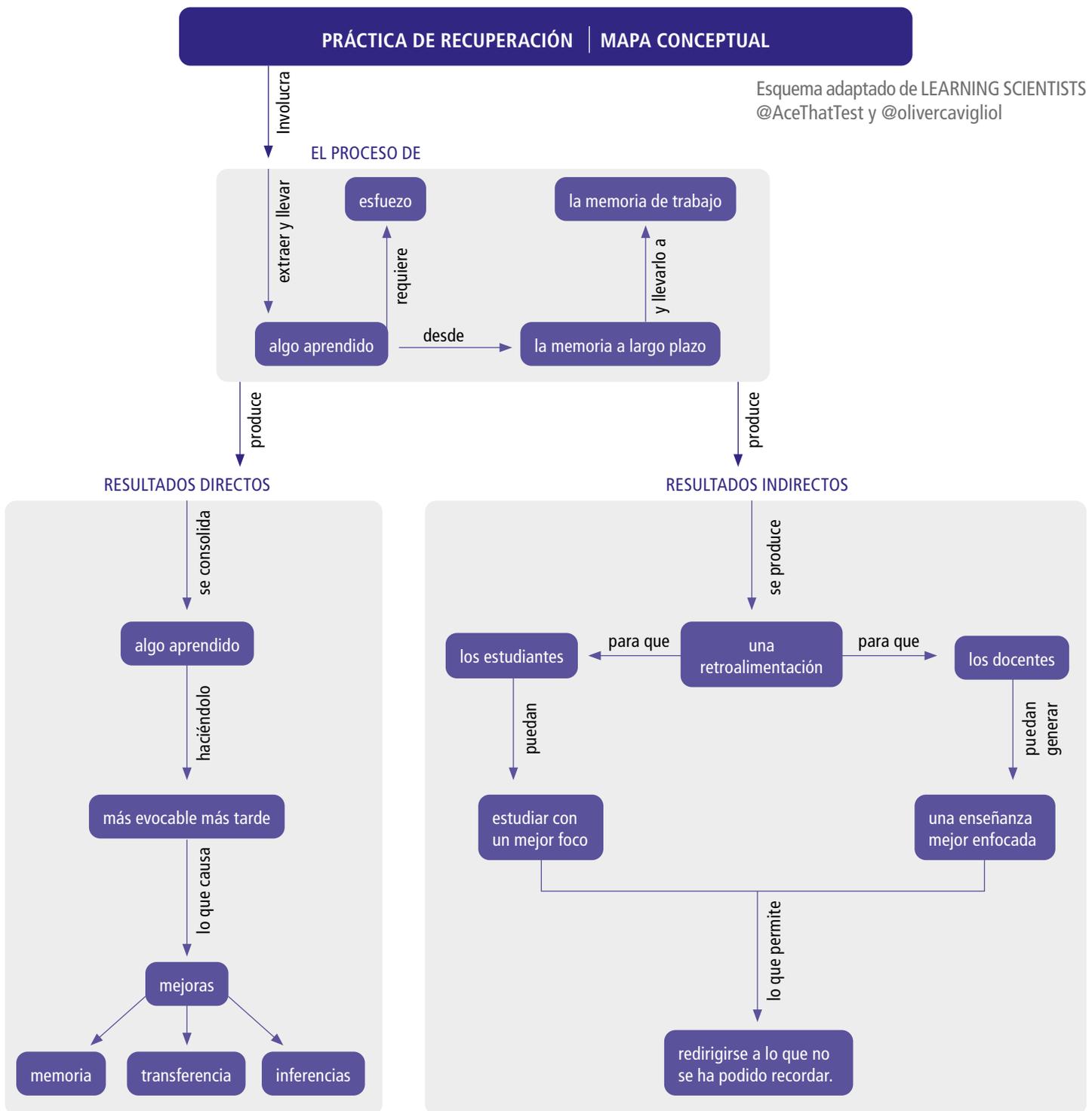
$\frac{5}{9} \times \frac{1}{8} = ?$	$\frac{7}{8} \div \frac{5}{6} = ?$	$\frac{2}{3} + \frac{1}{5} = ?$	$\frac{2}{9} \times \frac{3}{5} = ?$
--------------------------------------	------------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------

B)



**Fig. 2a** La práctica en bloques y la práctica intercalada ejemplificadas con ejercicios de fracciones. En la versión en bloques, los estudiantes responden cuatro ejercicios de multiplicación consecutivamente. En el formato intercalado, los estudiantes responden un problema de multiplicación seguido por uno de división, luego otro de sumas antes de volver a uno distinto de multiplicación. Para conocer un experimento con una distribución similar, ver Patel *et al.* (2016). Copyright note: esta imagen fue creada por los autores.

**Fig. 2b** Ilustración de formato intercalado y espaciado. Cada color representa una sub-temática distinta. La práctica intercalada implica alternar entre contenidos, en lugar de estudiarlos en bloques. Espaciar involucra distribuir la práctica a lo largo del tiempo, en lugar de acumularla en poco tiempo. Intercalar implica por definición espaciar, ya que otras tareas “lleanan” el espacio entre las sesiones de intercalado. Copyright note: esta imagen fue producida por los autores, adaptación desde Rohrer (2012).



**Fig. 3** Mapa conceptual que ilustra el proceso y los beneficios resultantes de la práctica de recuperación. La práctica de recuperación implica el proceso de extraer información aprendida de la memoria a largo plazo a la memoria de trabajo, lo que requiere un esfuerzo. Esto produce beneficios directos a través de la consolidación de información aprendida, facilitando su posterior recuerdo y mejorando la memoria, la transferencia y las inferencias. La práctica de la recuperación también produce beneficios indirectos dando retroalimentación a estudiantes y profesores, lo que a su vez puede conducir a prácticas de estudio y enseñanza más efectivas, apuntando a un foco hacia la información que no se ha recuperado con precisión.

*Copyright note:* esta figura apareció originalmente en una entrada de blog de Yana Weinstein y Megan Summeracki (<http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/1-1>).

Es importante señalar que los estudiantes pueden sentirse menos seguros cuando espacian su aprendizaje (Bjork, 1999) que cuando lo acumulan. Esto se debe a que el aprendizaje espaciado es más difícil, pero esta "dificultad deseable" es la que ayuda al aprendizaje a largo plazo (Bjork, 1994). Los estudiantes tienden a acumular el estudio para los exámenes en lugar de espaciar su aprendizaje. Una explicación para esto es que el estudio acumulado "funciona" si el objetivo es solo aprobar un examen. Para cambiar el pensamiento de los estudiantes sobre cómo programan sus estudios, podría ser importante enfatizar el valor de retener información más allá del examen final en un curso.

En muchos blogs de profesores han surgido ideas sobre cómo aplicar la práctica espaciada en la enseñanza (por ejemplo, Fawcett, 2013; Kraft, 2015; Picciotto, 2009). En Inglaterra en particular, a partir de 2013, los estudiantes de secundaria tienen que ser capaces de recordar contenido de hasta tres años atrás en exámenes acumulativos (Certificado general de educación secundaria (GCSE, por sus siglas en inglés) y exámenes de nivel avanzado (A-Levels; ver CIFE, 2012)). Los A-Levels, en particular, determinan qué asignaturas estudiarán los estudiantes en la universidad y en qué programas serán aceptados, por lo tanto, dan forma al camino de su carrera académica. Un enfoque común para lidiar con estos exámenes ha sido incluir un período de "revisión" (es decir, de estudio acumulado justo antes) de unas pocas semanas antes de los exámenes acumulativos de altas consecuencias. Ahora, los profesores que siguen la psicología cognitiva abogan por un cambio de prioridades para espaciar el aprendizaje a lo largo de los tres años, en lugar de enseñar un tema una vez y luego revisarlo intensamente semanas antes del examen (Cox, 2016a; Wood, 2017). Por ejemplo, algunos profesores han sugerido la asignación de tareas para realizar en casa como una oportunidad para la práctica espaciada al darles a los estudiantes tareas sobre temas anteriores (Rose, 2014). Sin embargo, aún están abiertas preguntas, tales como si la práctica espaciada puede ser lo suficientemente efectiva como para aliviar por completo la necesidad o utilidad de un período de estudio acumulado (Cox, 2016b) y cómo poder determinar el intervalo óptimo para el espaciado (Benney, 2016; Firth, 2016).

Ha habido una investigación considerable sobre el tema del intervalo óptimo, y gran parte de ella es bastante compleja: dos sesiones no tan juntas (es decir, acumuladas) ni demasiado separadas son ideales para la retención. En un estudio a gran escala de Cepeda, Vul, Rohrer, Wixted y Pashler (2008) se examinaron los efectos de la brecha entre las sesiones de estudio y del intervalo entre el estudio y la prueba a lo largo

de períodos prolongados, y encontraron que la brecha óptima entre las sesiones de estudio dependía del intervalo de retención. Por lo tanto, no está claro cómo los profesores pueden aplicar los complejos hallazgos sobre el intervalo del espaciado en sus propias salas de clases.

Una vía de investigación útil sería simplificar los paradigmas de estudio que se utilizan para estudiar el intervalo óptimo, con el objetivo de crear un marco de práctica flexible y espaciado que los profesores puedan aplicar y adaptar a sus propias necesidades de enseñanza. Por ejemplo, recientemente se elaboró una hoja de cálculo de Excel para ayudar a los profesores a planificar los contenidos pendientes (Weinstein-Jones y Weinstein, 2017; ver Weinstein y Weinstein-Jones (2017) para obtener una descripción del algoritmo utilizado en la hoja de cálculo), y los profesores la han utilizado para este fin (Penfound, 2017). Sin embargo, un profesor que encontró que esta herramienta es útil, también se preguntó si es que este tipo de planificación más sofisticada era mejor que su propio método: seleccionar manualmente material poco entendido en clases anteriores para su posterior revisión (Lovell, 2017). Esta dirección se está explorando activamente dentro de entornos personalizados de aprendizaje a distancia (Kornell y Finn, 2016; Lindsey, Shroyer, Pashler y Mozer, 2014), pero los profesores en las clases presenciales pueden necesitar soluciones menos tecnológicas para enseñar a grupos de estudiantes.

Al parecer, los profesores agradecerían mucho un conjunto de pautas sobre cómo implementar el espaciado en el curriculum de la manera más efectiva, pero también más eficiente. Si bien el campo cognitivo ha logrado grandes avances en términos de comprensión de los mecanismos detrás del espaciado, lo que más necesitan los profesores son herramientas y pautas concretas basadas en evidencia para su implementación directa en la sala de clases. Estas podrían incluir versiones más sofisticadas y probadas experimentalmente del software descrito anteriormente (Weinstein-Jones y Weinstein, 2017) o plantillas adaptables de programas de enseñanza espaciados. Además, los investigadores deben evaluar la efectividad de estas herramientas en un entorno real de sala de clases, durante un semestre o un año académico, con el fin de darles a los profesores recomendaciones pedagógicamente relevantes y basadas en la evidencia.

## Intercalado

Otra técnica de organización del aprendizaje que se ha demostrado que aumenta el aprendizaje es la práctica

intercalada o intercalado. El intercalado se produce cuando se abordan en secuencia diferentes ideas o tipos de problemas, a diferencia del método más común de trabajar múltiples versiones del mismo problema en una sola sesión de estudio determinada (conocido como agrupación en bloques temáticos). El intercalado como principio se puede aplicar de muchas formas diferentes. Una de estas formas implica intercalar diferentes tipos de problemas durante el aprendizaje, lo que es particularmente aplicable a materias como matemáticas y física (ver Fig. 2a para un ejemplo con fracciones, basado en un estudio de Patel, Liu y Koedinger, 2016). Por ejemplo, en un estudio con estudiantes universitarios, Rohrer y Taylor (2007) encontraron que mezclar problemas matemáticos de cálculo del volumen de diferentes figuras dio como resultado un mejor rendimiento en una prueba realizada una semana después, en comparación con estudiantes que resolvieron múltiples problemas seguidos del mismo tipo de figura. Este patrón de resultados también se repitió con estudiantes más jóvenes, por ejemplo, con estudiantes de séptimo grado que estaban aprendiendo a resolver problemas de gráficos y pendientes (Rohrer, Dedrick y Stershic, 2015). La explicación propuesta para el beneficio del intercalado es que hacer un cambio entre diferentes tipos de problemas permite a los estudiantes adquirir la habilidad de elegir el método correcto para resolver cada tipo de problemas, en lugar de aprender solo el método en sí y no cuándo aplicarlo.

¿Los beneficios del intercalado se extienden más allá de la resolución de problemas? La respuesta parece ser afirmativa. El intercalado puede ser útil en otras situaciones que requieren diferenciar conceptos o métodos de resolución, como el aprendizaje inductivo. Kornell y Bjork (2008) analizaron los efectos del intercalado en una tarea que podría ser pertinente para un estudiante de historia del arte: la habilidad de relacionar pinturas con sus respectivos autores. Los alumnos que estudiaron obras de diferentes pintores de manera intercalada tuvieron más éxito en una prueba de identificación posterior que los participantes que estudiaron las obras en bloques por pintor. Birnbaum, Kornell, Bjork y Bjork (2013) propusieron la hipótesis del contraste discriminativo para explicar que el intercalado mejora el aprendizaje al permitir la comparación entre ejemplos de diferentes categorías. Estos autores encontraron respaldo para esta hipótesis en una serie de experimentos con categorización de aves: los participantes se beneficiaron del formato intercalado y también del espaciado, pero no cuando el espaciado interrumpía la presentación conjunta de aves de diferentes categorías.

Otro tipo de intercalado implica la mezcla de oportunidades de estudio y de práctica de preguntas tipo examen. Este tipo de intercalado se aplicó, una vez más, a la resolución de problemas, en la que los estudiantes alternan entre intentar resolver un problema y ver un ejemplo resuelto (Trafton y Reiser, 1993); este patrón parece ser mejor que responder una serie de problemas seguidos, al menos considerando la cantidad de tiempo que se necesita para lograr el dominio de un procedimiento (Corbett, Reed, Hoffmann, MacLaren y Wagner, 2010). Los beneficios de intercalar oportunidades de estudio y de prueba, en lugar de agrupar el estudio en bloques y luego intentar responder problemas o preguntas, pueden deberse a un proceso conocido como “aprendizaje potenciado por pruebas o exámenes”. Es decir, una oportunidad de estudio que sigue inmediatamente a un intento de recuperación puede ser más fructífera que cuando ese mismo estudio no fue precedido por una recuperación (Arnold y McDermott, 2013).

Para las asignaturas basadas en problemas, la técnica del intercalado es sencilla: simplemente se combinan las preguntas de las tareas y de los cuestionarios con materiales previos (lo que también implica poner en práctica el espaciado). Para los idiomas, se pueden mezclar diferentes temas de vocabulario en lugar de agruparlos en bloques (Thomson y Mehring, 2016). Pero el intercalado como estrategia educativa debería presentarse a los profesores con algunas salvedades. La investigación se ha enfocado en intercalar material que se relaciona de alguna manera (por ejemplo, resolver diferentes ecuaciones matemáticas, Rohrer *et al.*, 2015), mientras que los estudiantes a veces preguntan si deberían intercalar material de diferentes asignaturas, una práctica que no ha recibido apoyo empírico (Hausman y Kornell, 2014). Al aconsejar a los estudiantes sobre cómo estudiar de forma independiente, los profesores deben proceder con prudencia. Dado que es fácil para los estudiantes más jóvenes confundir este tipo de intercalado inútil con el intercalado más útil (el que se enfoca en información relacionada), puede ser mejor para los profesores de los niveles inferiores que generen oportunidades de intercalado en tareas para realizar en casa y cuestionarios en lugar de poner la responsabilidad de usar la técnica en los propios estudiantes. La tecnología puede ser muy útil aquí, con aplicaciones como Quizlet, Memrise, Anki, Synap, Quiz Champ y muchas otras (ver también “Learning Scientists”, 2017) que no solo permiten que los estudiantes realicen cuestionarios creados por el profesor, sino que también proporcionan algoritmos de intercalado para que no recaiga sobre el profesor o el estudiante la carga de planificar cuidadosamente qué elementos se intercalan y cuándo.

Un punto importante por considerar es que, en la práctica educativa, la distinción entre espaciado e intercalado puede ser difícil de delimitar. La brecha entre las definiciones científicas y de la sala de clases sobre el intercalado se demuestra en los propios escritos de los profesores sobre esta técnica. Cuando escriben sobre el intercalado, los profesores a menudo extienden el término para referirse a un programas de estudios que vuelve a los temas varias veces durante el año (por ejemplo, Kirby, 2014; ver “Learning Scientists” (2016a) para obtener una colección de publicaciones de blogs similares de varios otros profesores). El “intercalado” de temas a lo largo del currículum produce un efecto que es más semejante a lo que los psicólogos cognitivos llaman “espaciado” (ver Fig. 2b para una representación visual de la diferencia entre intercalado y espaciado). Sin embargo, los psicólogos cognitivos no han analizado los efectos de estructurar el currículum de esta manera y tenemos preguntas aún abiertas: ¿Volver repetidas veces a temas previos a lo largo del semestre interrumpe el aprendizaje de información nueva? ¿Qué técnicas son efectivas para intercalar información nueva y antigua dentro de una clase? Y, ¿cómo se determina el equilibrio entre información antigua y nueva?

## Práctica de recuperación

Si bien en educación las pruebas se utilizan con mayor frecuencia para evaluar, un beneficio menos conocido de ellas es que mejoran el aprendizaje de la información evaluada. Si pensamos en nuestros recuerdos como bibliotecas de información, puede parecer sorprendente que la recuperación (que ocurre cuando hacemos una prueba) mejore la memoria. Sin embargo, sabemos por un siglo de investigación que recuperar el conocimiento en realidad lo fortalece (ver Karpicke, Lehman y Aue, 2014). Ya hace 100 años que se demostró que responder pruebas, o equivalentes, fortalecen la memoria (Gates, 1917) y, en la última década, ha habido un aumento en la investigación sobre los beneficios mnemotécnicos de las pruebas o *práctica de recuperación*. La mayor parte de la investigación sobre la efectividad de la práctica de recuperación se ha realizado con estudiantes universitarios (ver Roediger y Karpicke, 2006; Roediger, Putnam y Smith, 2011), pero se ha demostrado que el aprendizaje basado en la recuperación es eficaz en un amplio rango de edades, incluyendo estudiantes preescolares (Fritz, Morris, Nolan y Singleton, 2007), niños en edad de primaria (por ejemplo, Karpicke, Blunt y Smith, 2016; Karpicke, Blunt, Smith y Karpicke, 2014; Lipko-Speed, Dunlosky y Rawson, 2014; Marsh, Fazio y Goswick, 2012; Ritchie, Della Sala y

McIntosh, 2013), estudiantes de secundaria (por ejemplo, McDaniel, Thomas, Agarwal, McDermott y Roediger, 2013; McDermott, Agarwal, D’Antonio, Roediger y McDaniel, 2014) y estudiantes de preparatoria (por ejemplo, McDermott *et al.*, 2014). Además, la efectividad del aprendizaje basado en la recuperación se ha extendido más allá de las pruebas tradicionales hasta otras actividades en las que se puede integrar la práctica de recuperación, como el mapeo conceptual (Blunt y Karpicke, 2014; Karpicke, Blunt, *et al.*, 2014; Ritchie *et al.*, 2013).

Actualmente, existe un debate sobre la efectividad de la práctica de recuperación para contenidos más complejos (Karpicke y Aue, 2015; Roelle y Berthold, 2017; Van Gog y Sweller, 2015). Se ha demostrado que practicar la recuperación mejora la aplicación del conocimiento a situaciones nuevas (por ejemplo, Butler, 2010; Dirks, Kester, & Kirschner, 2014; McDaniel *et al.*, 2013; Smith, Blunt, Whiffen, & Karpicke, 2016); pero también se pueden encontrar estudios que han mostrado evidencia limitada o ningún beneficio de la práctica de recuperación en la transferencia, en comparación a repetir el estudio tradicional (véase Tran, Rohrer y Pashler, 2015; Wooldridge, Bugg, McDaniel y Liu, 2014). Los efectos de la práctica de recuperación en el aprendizaje de orden superior pueden ser más sensibles, que el simple aprendizaje de datos para codificar información en la memoria, a la forma en que se presenta el material durante el estudio (Eglington y Kang, 2016). Además, la práctica de recuperación puede ser más beneficiosa para el aprendizaje de orden superior si incluye más andamiajes (Fiechter y Benjamin, 2017; o ver Smith, Blunt, *et al.*, 2016) y una práctica dirigida con preguntas de aplicación (Son y Rivas, 2016).

¿De qué forma la práctica de recuperación ayuda a la memoria? La Figura 3 ilustra los beneficios directos e indirectos de la práctica de recuperación identificados por la literatura. Se cree que el acto de recuperación en sí mismo fortalece la memoria (Karpicke, Blunt, *et al.*, 2014; Roediger y Karpicke, 2006; Smith, Roediger y Karpicke, 2013). Por ejemplo, Smith *et al.* (2013) mostró que si los estudiantes evocaban información a sus mentes sin “producirla” realmente hacia afuera (recuperación encubierta, es decir sin escribirla ni decirla en voz alta), la recordaban tan bien como si produjeran “abiertamente” la información recuperada (recuperación abierta; escribir, o explicar oralmente la información). Es importante destacar que la práctica de recuperación tanto abierta como encubierta mejoró los recuerdos en comparación a los grupos de control sin práctica de recuperación, incluso cuando no se proporcionó retroalimentación. El hecho de que llevar información a la

mente en ausencia de retroalimentación u oportunidades de reestudio mejora la memoria, lleva a los investigadores a concluir que es el acto de recuperación —pensar en retrospectiva para llevar información a la mente— lo que mejora el recuerdo de esa información.

El beneficio de la práctica de recuperación depende, hasta cierto punto, de una recuperación exitosa (ver Karpicke, Lehman, *et al.*, 2014). Por ejemplo, en el Experimento 4 de Smith *et al.* (2013), los estudiantes recuperaron con éxito el 72% de la información durante la práctica de recuperación. Por supuesto, recuperar el 72% de la información se comparó con un grupo de control de reestudio, en donde los estudiantes fueron reexpuestos al 100% de la información, creando un sesgo a favor de la condición de reestudio. Sin embargo, la recuperación condujo posteriormente a un mayor recuerdo en comparación con el control de reestudio. Sin embargo, si el éxito de la recuperación es extremadamente bajo, es poco probable que mejore la evocación (por ejemplo, Karpicke, Blunt, *et al.*, 2014), particularmente en ausencia de retroalimentación. Por otro lado, si las situaciones de aprendizaje basadas en la recuperación se construyen de tal manera que garanticen altos niveles de éxito, el acto de llevar la información a la mente puede verse debilitado, haciéndola menos beneficiosa. Por ejemplo, si un estudiante lee una oración y luego la cubre inmediatamente y la recita en voz alta, es probable que no recupere la información, sino que simplemente la mantenga en su memoria de trabajo el tiempo suficiente para recitarla otra vez (ver Smith, Blunt, *et al.*, 2016, para una discusión de este punto). Por lo tanto, es importante equilibrar el éxito de la recuperación con la dificultad general de recuperar la información (Smith y Karpicke, 2014; Weinstein, Nunes y Karpicke, 2016). Si el éxito de la recuperación inicial es bajo, la retroalimentación puede ayudar a mejorar el beneficio general de practicar la recuperación (Kang, McDermott y Roediger, 2007; Smith y Karpicke, 2014). Sin embargo, Kornell, Klein y Rawson (2015) encontraron que fue el intento de recuperación y no la producción correcta de información lo que produjo el beneficio de la práctica de recuperación: en este conjunto de estudios, siempre que la respuesta correcta se proporcionó después de un intento fallido, el beneficio fue el mismo que para un intento de recuperación exitoso. Desde una perspectiva práctica, sería útil para los profesores saber cuándo los intentos de recuperación en ausencia de éxito son útiles y cuándo no. También puede haber razones adicionales, más allá de los beneficios de recuperación que llevarían a los profesores hacia actividades de práctica de recuperación que produzcan cierto éxito entre los estudiantes. Por ejemplo, los profesores pueden dudar en darles a los

estudiantes ejercicios de práctica de recuperación que sean demasiado difíciles, ya que podrían afectar negativamente la autoeficacia y la confianza.

Además del hecho de que llevar información a la mente mejora directamente el recuerdo de esa información, la práctica de recuperación también puede producir beneficios indirectos (ver Roediger *et al.*, 2011). Por ejemplo, la investigación de Weinstein, Gilmore, Szpunar y McDermott (2014) demostró que cuando los estudiantes esperaban ser evaluados, el aumento de la expectativa de tener que dar una prueba conducía a una codificación de mejor calidad de información nueva. Hacer pruebas con frecuencia también puede servir para disminuir la distracción mental, es decir, los pensamientos que no están relacionados con el contenido que se supone que los alumnos están estudiando (Szpunar, Khan y Schacter, 2013).

Practicar la recuperación es una forma poderosa de mejorar el aprendizaje significativo de la información y es relativamente fácil de implementar en las salas de clases. Por ejemplo, hacer que los estudiantes practiquen la recuperación puede ser tan simple como pedirles que guarden sus materiales de clase y traten de escribir todo lo que saben sobre un tema. Las estrategias de aprendizaje basadas en la recuperación también son flexibles. Los instructores pueden darles a los estudiantes pruebas de práctica (por ejemplo, de respuesta corta o de opción múltiple, ver Smith y Karpicke, 2014), proporcionar indicaciones abiertas para que los estudiantes recuerden información (por ejemplo, Smith, Blunt, *et al.*, 2016) o pedirles que creen mapas conceptuales de memoria (por ejemplo, Blunt y Karpicke, 2014). En un estudio, Weinstein *et al.* (2016) analizaron la efectividad de insertar preguntas simples de respuesta corta en módulos de aprendizaje a distancia para ver si mejoraban el desempeño de los estudiantes. Weinstein y sus colegas también manipularon la ubicación de las preguntas. Para algunos estudiantes, las preguntas se intercalaban a lo largo del módulo y, para otros estudiantes, todas las preguntas se presentaban al final del módulo. El éxito inicial en las preguntas de respuesta corta fue mayor cuando las preguntas estaban intercaladas a lo largo del módulo. Sin embargo, en una prueba de aprendizaje posterior de ese módulo, la ubicación original de las preguntas en el módulo no importó para el rendimiento. Al igual que con la práctica espaciada, donde la brecha óptima entre las sesiones de estudio depende del intervalo de retención, la dificultad óptima y el nivel de éxito durante la práctica de recuperación también pueden depender del intervalo de retención. Ambos grupos de estudiantes que respondieron preguntas obtuvieron mejores resultados en la prueba desfasada en comparación

con un grupo de control sin oportunidades para hacer preguntas durante el módulo. Por lo tanto, lo importante es que los instructores brinden oportunidades para la práctica de recuperación durante el aprendizaje. En base a investigaciones previas, cualquier actividad que promueva la recuperación exitosa de información debería mejorar el aprendizaje.

La práctica de recuperación ha recibido mucha atención en blogs de profesores (ver “Learning Scientists” (2016b) para ver una colección). Un tema común parece ser el énfasis en las pruebas de bajas consecuencias (Young, 2016) e incluso sin consecuencias (Cox, 2015), cuyo objetivo es aumentar el aprendizaje en lugar de evaluar el desempeño. De hecho, una escuela muy conocida en el Reino Unido tiene una política oficial de tareas para realizar en casa basada en la práctica de recuperación: los estudiantes deben evaluarse a sí mismos en el conocimiento de la materia durante 30 minutos todos los días en lugar de hacer una tarea estándar (Michaela Community School, 2014). La utilidad de las tareas para realizar en casa, particularmente para los niños más pequeños, es a menudo un tema muy debatido fuera del ámbito académico (por ejemplo, Shumaker, 2016; ver Jones (2016) para un punto de vista opuesto y Cooper (1989) para la investigación original en la que se basaron las publicaciones del blog). Mientras que algunas investigaciones muestran vínculos claros entre las tareas a realizar en el hogar y el rendimiento académico (Valle *et al.*, 2016), otros investigadores han cuestionado su efectividad (Dettmers, Trautwein y Lüdtke, 2009). Quizás modificar las tareas para incluir la práctica de recuperación podría hacerla más efectiva, pero esto sigue siendo una pregunta empírica abierta.

Una consideración final es la de la ansiedad ante los exámenes. Aunque la práctica de recuperación puede ser muy poderosa para mejorar la memoria, algunas investigaciones muestran que la presión durante la recuperación puede socavar algunos de los beneficios del aprendizaje. Por ejemplo, Hinze y Rapp (2014) manipularon la presión durante un cuestionario para crear condiciones de presión alta y baja. En los cuestionarios, los estudiantes se desempeñaron igualmente bien. Sin embargo, aquellos en la condición de presión alta no se desempeñaron tan bien después en una prueba posterior basada en criterios, en comparación con el grupo de presión baja. Por lo tanto, la ansiedad ante las pruebas puede reducir el beneficio de aprendizaje de la práctica de recuperación. Probablemente no sea posible eliminar todas las pruebas de presión alta, pero los instructores pueden brindar a los estudiantes una serie de oportunidades de recuperación de bajas consecuencias

para potenciar el aprendizaje. El uso de pruebas de bajas consecuencias puede servir para disminuir la ansiedad ante las pruebas (Khanna, 2015) y recientemente se ha demostrado que anula el impacto perjudicial del estrés en el aprendizaje (Smith, Floerke y Thomas, 2016). Esta es una línea de indagación particularmente importante para futuras investigaciones, porque muchos profesores que no están familiarizados con la efectividad de la práctica de recuperación pueden sentirse desanimados por la presión implícita de los “exámenes”, lo que evoca a las muy difamadas pruebas estandarizadas de altas consecuencias (por ejemplo, McHugh, 2013).

## Elaboración

La elaboración implica conectar información nueva con conocimientos preexistentes. Anderson (1983, p. 285) hizo la siguiente afirmación sobre la elaboración: “Una de las manipulaciones más potentes que se pueden realizar en términos de aumentar la memoria de un sujeto sobre un contenido es hacer que el sujeto elabore sobre el contenido a recordar”. Postman (1976, p. 28) definió la elaboración más parsimoniosamente como “adiciones a la entrada nominal”, y Hirshman (2001, p. 4369) brindó una elaboración de esta definición (¡juego de palabras intencional!), definiéndola como “un proceso consciente e intencional que asocia la información que se recordará con otra información en la memoria”. Sin embargo, en la práctica, la elaboración podría significar muchas cosas diferentes. El hilo común en todas las definiciones es que la elaboración implica agregar características a información que ya está en la memoria.

Una manera posible de elaborar es pensar en la información a un nivel más profundo. El marco teórico de los niveles de procesamiento (o de “profundidad”), propuestos por Craik y Lockhart (1972), predicen que la información se recordará mejor si se procesa más profundamente en términos de significado, en lugar de superficialmente en términos de forma. Sin embargo, este enfoque de los niveles de procesamiento ha recibido una serie de críticas (Craik, 2002). Un problema importante con este marco es que la “profundidad” es difícil de medir. Y, si no somos realmente capaces de medir la profundidad, el argumento puede volverse circular: ¿podemos recordar mejor algo porque se estudió más profundamente, o concluimos que se estudió más profundamente porque se recuerda mejor? (Ver Lockhart y Craik, 1990, para una discusión más detallada sobre este tema).

Otro mecanismo mediante el cual la elaboración puede beneficiar al aprendizaje es al mejorar la organización de la información (Bellezza, Cheesman y Reddy, 1977; Mandler, 1979). Según este punto de vista, la elaboración implica hacer que la información esté más integrada y organizada con las estructuras de conocimiento existentes. Al conectar e integrar la información por aprender con otros conceptos en la memoria, los estudiantes pueden aumentar el grado en que las ideas se organizan en sus mentes y esta mayor organización facilita presumiblemente la reconstrucción de lo que ya pasó al momento de la recuperación.

La elaboración es un término tan amplio y puede incluir tantas técnicas diferentes que es difícil afirmar que siempre ayudará al aprendizaje. Sin embargo, existe una técnica específica bajo los lineamientos de la elaboración para la que hay evidencia relativamente sólida en términos de efectividad (Dunlosky *et al.*, 2013; Pashler *et al.*, 2007). Esta técnica se llama interrogación elaborativa y consiste en que los estudiantes formulen preguntas sobre los contenidos que están estudiando (Pressley, McDaniel, Turnure, Wood y Ahmad, 1987). Más específicamente, los estudiantes que utilicen esta técnica harán preguntas de “cómo” y “por qué” sobre los conceptos que están estudiando (ver Fig. 4 para un ejemplo sobre la física del vuelo). Luego, de manera significativa, los estudiantes intentarán responder estas preguntas, ya sea a partir de sus materiales o, eventualmente, de memoria (McDaniel y Donnelly, 1996). El proceso de encontrar la respuesta de las preguntas, con cierta cantidad de incertidumbre (Overoye y Storm, 2015), puede ayudar al

aprendizaje. Sin embargo, al usar esta técnica es importante que los estudiantes comprueben sus respuestas con sus materiales o con el profesor. Cuando el contenido generado a través de una interrogación elaborativa es deficiente, puede realmente perjudicar el aprendizaje (Clinton, Alibali y Nathan, 2016).

También se puede alentar a los estudiantes a que se expliquen a sí mismos los conceptos mientras aprenden (Chi, De Leeuw, Chiu y LaVancher, 1994). Esto puede consistir simplemente en que los estudiantes digan en voz alta qué pasos deben realizar para resolver una ecuación. Alevy y Koedinger (2002) realizaron dos estudios en salas de clases en los que un “tutor cognitivo” instaba (o no) a los estudiantes a que formularan autoexplicaciones durante una tarea de resolución de problemas, y encontraron que las autoexplicaciones llevaban a un mejor rendimiento. Según los autores, este enfoque podría adaptarse bien en salas de clases reales. Si es posible y relevante, los estudiantes podrían incluso realizar acciones junto con sus autoexplicaciones (Cohen, 1981; ver también el efecto de las representaciones físicas, Hainselin, Picard, Manolli, Vankerkore-Candas y Bourdin, 2017). Los instructores pueden guiar a los estudiantes en este tipo de actividades al proporcionarles pistas (u otros andamiajes) de autoexplicación a lo largo del material por aprender (O’Neil *et al.*, 2014). En última instancia, el mayor beneficio potencial de una autoexplicación o elaboración precisa es que el estudiante podrá transferir su conocimiento a una situación nueva (Rittle-Johnson, 2006).

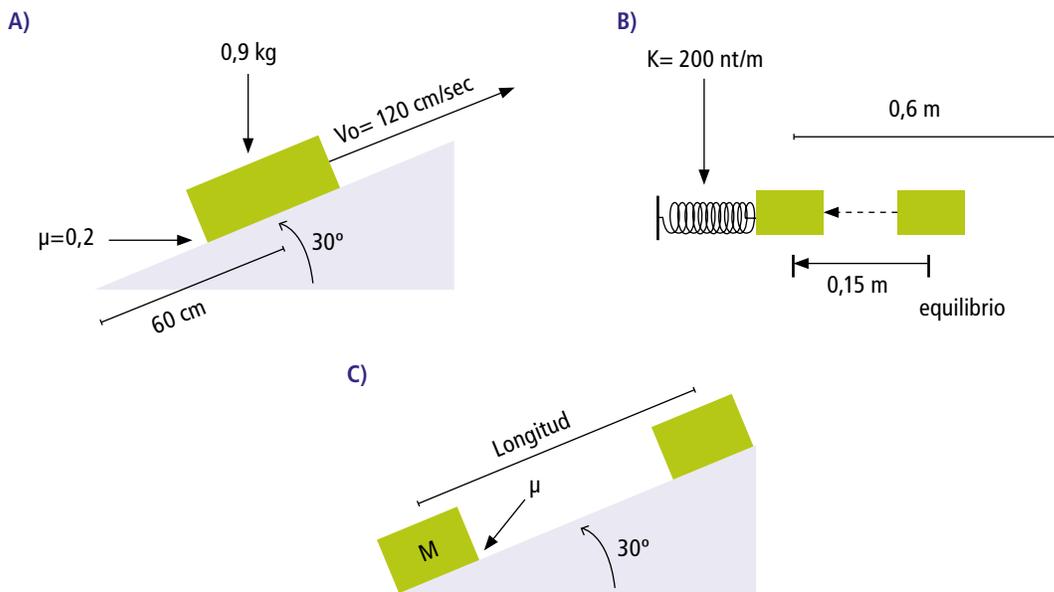


**Fig. 4** Ilustración de preguntas de “cómo” y “por qué” (es decir, preguntas de interrogación elaborativa) que los estudiantes pueden hacer mientras estudian la física del vuelo. Para ayudar a descubrir cómo la física explica el vuelo, los estudiantes pueden hacerse las siguientes preguntas: “¿Cómo despegar un avión? ¿Por qué los aviones necesitan un motor?”; “¿Cómo funciona la fuerza ascendente (sustentación)?”; “¿Por qué las alas tienen una superficie superior curva y una superficie inferior plana?”; y “¿Por qué hay un elemento para cambiar la dirección del aire detrás de las alas?”.

*Copyright note:* la imagen del avión se descargó de Pixabay.com y es de uso libre, para modificar y compartir.

El término técnico “interrogación elaborativa” no se ha introducido en el lenguaje propio de los blogueros educativos (una búsqueda en <https://educacionechochamberuncut.wordpress.com>, que reúne más de 3.000 blogs de profesores de Reino Unido, no arrojó ningún resultado para ese término). Sin embargo, algunos profesores han publicado blogs sobre la elaboración de manera más general (por ejemplo, Hobbiss, 2016) y específicamente sobre el cuestionamiento profundo (por ejemplo, Class Teaching, 2013), solo que sin utilizar esta terminología en particular. Esta estrategia —la interrogación elaborativa— puede beneficiarse de un diálogo más abierto entre investigadores y profesores para facilitar su uso en la sala de clases y abordar las posibles barreras de su implementación. Para avanzar en la comprensión científica de la interrogación elaborativa en una sala de clases, sería enriquecedor realizar una intervención a mayor escala para ver si hacer que los estudiantes elaboren durante una clase

realmente ayuda a su comprensión. También sería útil saber si los estudiantes realmente necesitan generar sus propias preguntas de interrogación elaborativa (“cómo” y “por qué”), en lugar de responder preguntas proporcionadas por otros. ¿Cuánto tiempo deben tomar los estudiantes para encontrar las respuestas? ¿Cuándo es el momento adecuado para que los estudiantes participen en esta tarea, dados los niveles de experticia necesarios para hacerla bien (Clinton *et al.*, 2016)? Si no se conocen las respuestas de estas preguntas, puede que sea demasiado pronto enseñarles a los profesores a utilizar esta técnica en sus clases. Finalmente, la interrogación elaborativa toma mucho tiempo. ¿Se gasta este tiempo de manera eficiente? ¿O sería mejor que los estudiantes intenten responder algunas preguntas, corroboren la información durante la clase y luego pasen a practicar la recuperación de la información?



**Fig. 5** Tres ejemplos de problemas de física que novatos y expertos clasificarían de forma diferente. Los problemas (a) y (c) parecen similares en apariencia, por lo que los novatos los agruparían en una categoría. Sin embargo, los expertos reconocerán que los problemas (b) y (c) se relacionan con el principio de conservación de la energía, por lo que agruparán esos dos problemas en una categoría.

*Copyright note:* la figura fue hecha por los autores, basada en cifras de Chi *et al.* (1981).

## Ejemplos concretos

Proporcionar información de apoyo puede mejorar el aprendizaje de ideas y conceptos claves. Específicamente, usar ejemplos concretos para complementar el contenido que es de naturaleza más conceptual puede hacer que las

ideas sean más fáciles de entender y recordar. Los ejemplos concretos pueden proporcionar varias ventajas al proceso de aprendizaje: (a) pueden transmitir información de manera concisa, (b) pueden proporcionar a los estudiantes información más concreta que es más fácil de recordar y (c) pueden aprovechar que las imágenes son más fáciles de recordar que las palabras (ver “Codificación dual”).

Las palabras que son más concretas se reconocen y recuerdan mejor que las palabras abstractas (Gorman, 1961; por ejemplo, “abrochar” y “atar”, respectivamente). Además, se ha demostrado que la información más concreta e imaginable potencia el aprendizaje de asociaciones, incluso con contenido abstracto (Caplan y Madan, 2016; Madan, Glaholt y Caplan, 2010; Paivio, 1971). A partir de esto, proporcionar ejemplos concretos durante la enseñanza debería mejorar la retención de conceptos abstractos relacionados, no solo de los ejemplos concretos. Los ejemplos concretos pueden ser útiles tanto durante la enseñanza como durante los problemas de práctica. Hacer que los estudiantes expliquen activamente en qué se parecen dos ejemplos y animarlos a extraer la estructura subyacente por sí mismos también puede ayudar con la transferencia. En un estudio de laboratorio, Berry (1983) demostró que los estudiantes se desempeñaron bien cuando se les dieron problemas de práctica concretos, independientemente del uso de la verbalización (similar a la interrogación elaborativa). Sin embargo, esa verbalización ayudó a los estudiantes a transferir la comprensión de problemas concretos a abstractos. Un área particularmente importante de la investigación futura es determinar cómo los estudiantes pueden establecer mejor el vínculo entre ejemplos concretos e ideas abstractas.

Dado que los conceptos abstractos son más difíciles de captar que la información concreta (Paivio, Walsh y Bons, 1994), se deduce que los profesores deben ilustrar las ideas abstractas con ejemplos concretos. Sin embargo, se debe tener cuidado al seleccionar los ejemplos. LeFevre y Dixon (1986) les dieron a los estudiantes tanto ejemplos concretos como instrucciones abstractas y encontraron que, cuando no eran coherentes, los estudiantes seguían los ejemplos concretos en lugar de las instrucciones abstractas, lo que limitaba potencialmente la aplicación del concepto abstracto que se enseñaba. Lew, Fukawa-Connelly, Mejía-Ramos y Weber (2016) utilizaron un enfoque de entrevista para analizar por qué los estudiantes pueden tener dificultades para entender una clase. Las respuestas indicaron que algunos problemas se relacionaban con la comprensión del tema general en lugar de las partes que lo componen, y con el uso de coloquialismos informales que no derivaban claramente del contenido que se enseñaba. Ambos problemas podrían haberse abordado potencialmente mediante la inclusión de un mayor número de ejemplos concretos relevantes.

Una preocupación sobre el uso de ejemplos concretos es que los estudiantes podrían recordar solo los ejemplos —especialmente si son particularmente memorables, como

ejemplos divertidos o llamativos— y, por ende, no podrán transferir su comprensión de un ejemplo a otro, o en términos más amplios, al concepto abstracto. Sin embargo, no parece haber ninguna evidencia de que un ejemplo divertido, relevante a los contenidos, perjudique realmente el aprendizaje reduciendo la capacidad de recordar información importante. De hecho, los ejemplos divertidos y las bromas tienden a ser más fáciles de recordar, pero este impulso que las bromas dan a la memoria no parece tener un costo para el recuerdo del concepto subyacente (Baldassari y Kelley, 2012). Sin embargo, deben destacarse dos salvedades importantes. Primero, en la medida en que el contenido más fácil de recuperar no sea importante para los conceptos de interés, el aprendizaje de la información objetivo puede verse comprometido (Harp y Mayer, 1998). Por lo tanto, se debe tener cuidado al garantizar que todos los ejemplos y parafernalias estén, de hecho, relacionados con los conceptos básicos que los estudiantes deben adquirir y no contengan características perceptuales irrelevantes (Kaminski y Sloutsky, 2013).

El segundo problema es que los novatos a menudo notan y recuerdan los detalles superficiales de un ejemplo en lugar de la estructura subyacente. Los expertos, por otro lado, pueden extraer la estructura subyacente de ejemplos que tienen características superficiales divergentes (Chi, Feltovich y Glaser, 1981; ver la Fig. 5 para un ejemplo de física). Gick y Holyoak (1983) intentaron que los estudiantes aplicaran una regla de un problema en otro que parecía diferente a simple vista, pero que era estructuralmente similar. Descubrieron que proporcionar ejemplos múltiples era útil para el proceso de transferencia, en comparación con usar solo un ejemplo —especialmente cuando los ejemplos proporcionados tenían detalles superficiales diferentes—. Se necesita más trabajo para determinar cuántos ejemplos son suficientes para que ocurra la generalización (y esto, por supuesto, variará con los factores contextuales y las diferencias individuales). Investigaciones adicionales sobre la secuencia entre ejemplos concretos/específicos y conceptos más abstractos también serían informativas. Es decir, si un ejemplo no es lo suficientemente concreto, podría ser demasiado difícil de entender. Por otro lado, si el ejemplo es demasiado concreto, podría ser negativo para la generalización del concepto más abstracto (aunque un conjunto diverso de ejemplos muy concretos podría ayudar con esto). De hecho, en un artículo controvertido, Kaminski, Sloutsky y Heckler (2008) afirmaron que los ejemplos abstractos eran más efectivos que los ejemplos concretos. Refutaciones posteriores de este artículo cuestionaron si la distinción entre lo abstracto

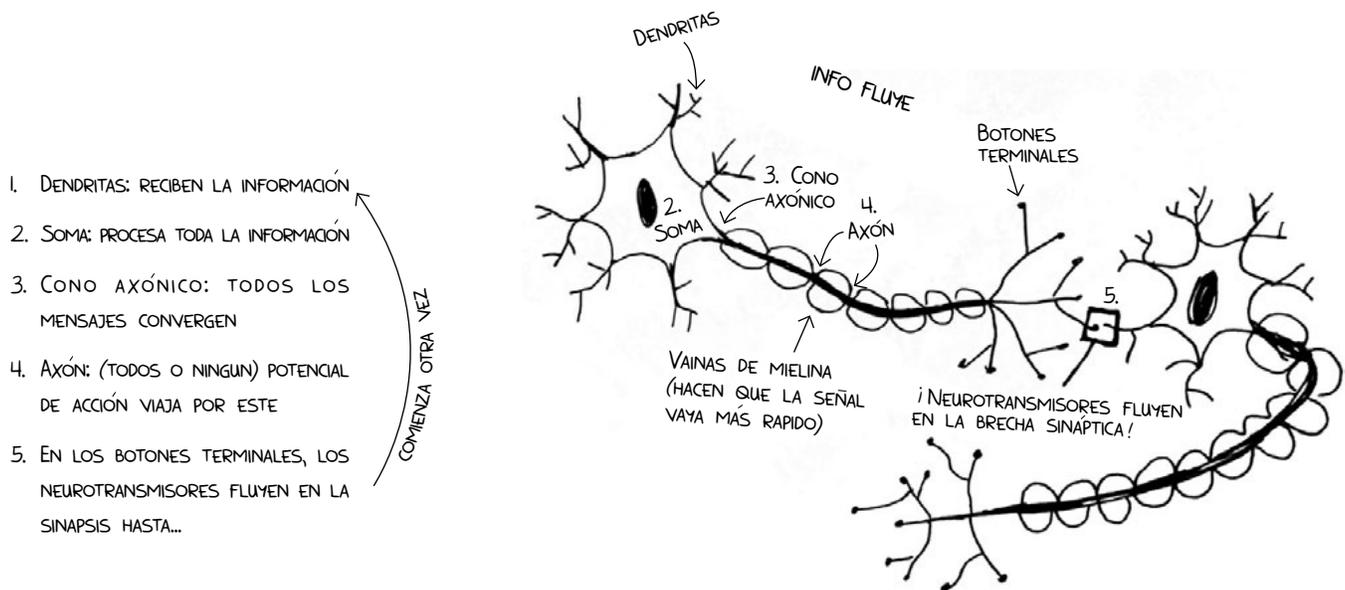
y lo concreto estaba claramente definida en el estudio original (ver Reed, 2008, para una colección de cartas sobre el tema). Este punto ideal a lo largo de la secuencia concreto-abstracto también podría interactuar con el desarrollo.

Encontrar publicaciones de blogs de profesores discutiendo sobre el uso de ejemplos concretos resultó ser más difícil que la búsqueda de las otras estrategias de esta revisión. Una posibilidad optimista es que los profesores utilizan con frecuencia ejemplos concretos en su enseñanza y, por lo tanto, no piensan en ellos como una contribución específica de la psicología cognitiva; el hecho de que solo encontramos una publicación de blog con relación al uso de ejemplos concretos sugiere que ese podría ser el caso (Boulton, 2016). La idea de “relacionar conceptos abstractos con ejemplos concretos” también se cubre en el 25% de los libros de texto de formación de profesores utilizados en EE. UU., según el informe de Pomerance *et al.* (2016). Esta es la segunda estrategia cubierta con mayor frecuencia entre las otras seis, después de “Plantear preguntas de chequeo” (es decir, Interrogación elaborativa). Una dirección útil para la investigación futura sería establecer de qué forma los profesores están utilizando ejemplos concretos en su práctica y cómo podemos hacer sugerencias de mejora basadas en la investigación de la ciencia del

aprendizaje. Por ejemplo, si dos ejemplos son mejores que uno (Bauernschmidt, 2017), ¿se necesitan también ejemplos adicionales o hay un rendimiento decreciente al proporcionar más ejemplos? Y, ¿de qué forma los profesores pueden asegurarse de que los ejemplos concretos sean consistentes con los conocimientos previos (Reed, 2008)?

## Codificación dual

Tanto la literatura sobre la memoria como la psicología popular apoyan la idea de que los ejemplos visuales son beneficiosos -como el dicho “una imagen vale más que mil palabras” (que se remonta a un eslogan publicitario de la década de 1920; Meider, 1990). De hecho, es bien sabido que se puede transmitir más información a través de una simple ilustración que a través de varios párrafos de texto (por ejemplo, Barker y Manji, 1989; Mayer y Gallini, 1990). Las ilustraciones pueden ser particularmente útiles cuando el concepto descrito involucra varias partes o pasos y está destinado a personas con escasos conocimientos previos (Eitel y Scheiter, 2015; Mayer y Gallini, 1990). La Figura 6 brinda un ejemplo concreto de esto, ilustrando cómo la información puede fluir a través de las neuronas y la sinapsis.



**Fig. 6** Ejemplo de cómo mejorar el aprendizaje mediante el uso de un ejemplo visual. Los alumnos pueden ver esta representación visual de las neuronas junto a las palabras proporcionadas, o pueden dibujar ellos mismos una representación visual similar.

*Copyright note:* esta imagen ha sido producida por los autores.

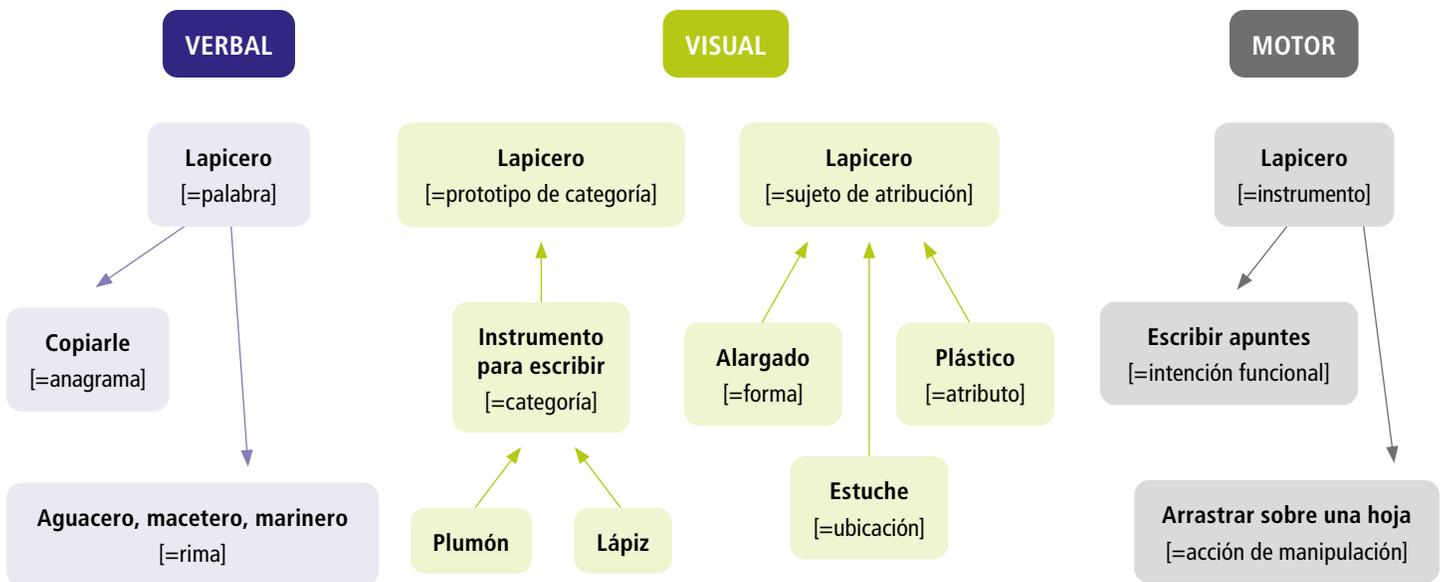
Además de poder transmitir información de manera más concisa, las imágenes también son más fáciles de recuperar que las palabras (Paivio y Csapo, 1969, 1973). En la literatura sobre la memoria, esto se conoce como el *efecto de superioridad de la imagen* y la teoría de la codificación dual se desarrolló en parte para explicar este efecto. La codificación dual se deriva de la idea de que lo verbal debe ir acompañado de información visual complementaria para mejorar el aprendizaje. Paivio (1971, 1986) propuso la teoría de la codificación dual como una explicación mecanicista sobre el procesamiento de información como integración de múltiples “códigos” de información para procesar la información. En esta teoría, un código corresponde a una representación de un concepto en un formato perceptual diferente o —por ejemplo, “las imágenes mentales para ‘libro’ tienen cualidades visuales, táctiles y de percepción similares a las evocadas por los objetos de referencia en los que se basan las imágenes” (Clark y Paivio, 1991, p. 152)—. Aylwin (1990) proporciona un ejemplo claro de cómo la palabra “perro” puede evocar representaciones verbales, visuales y enactivas (ver Fig. 7 para un ejemplo similar de la palabra “LAPICERO”, basado en Aylwin, 1990 (Fig. 2) y Madan y Singhal, 2012a (Fig. 3)). Los códigos también pueden corresponder a propiedades emocionales (Clark y Paivio, 1991; Paivio, 2013). Clark y Paivio (1991) proporcionan una revisión exhaustiva de la teoría de la codificación dual y su relación con la educación, mientras que Paivio (2007) proporciona un amplio tratado sobre la teoría de la codificación dual. En términos generales, la teoría de la codificación dual sugiere que dar múltiples representaciones de la misma información mejora el aprendizaje y la posibilidad de recordarla, y que la información que evoca representaciones adicionales de forma más fácil (a través de procesos automáticos de imágenes mentales) recibe un beneficio similar.

Paivio y Csapo (1973) sugieren que los códigos verbales y visuales tienen efectos independientes y aditivos sobre la recuperación de la memoria. El uso de elementos visuales para mejorar el aprendizaje y la memoria se ha aplicado particularmente al aprendizaje del vocabulario (Danan, 1992; Sadoski, 2005), pero también ha mostrado éxito en otras áreas, como en el cuidado de la salud (Hartland, Biddle y Fallacaro, 2008). Para aprovechar la codificación dual, la información verbal debe ir acompañada de una representación visual cuando sea posible. Sin embargo, mientras que todos los estudios discutidos indican que el uso de múltiples

representaciones de información es favorable, es importante reconocer que cada representación también aumenta la carga cognitiva y puede conducir a una sobresaturación (Mayer y Moreno, 2003).

Dado que las imágenes generalmente se recuerdan mejor que las palabras, es importante asegurarse de que las imágenes que se les proporcionarán a los estudiantes sean útiles e importantes para el contenido que se espera que aprendan. McNeill, Uttal, Jarvin y Sternberg (2009) encontraron que proporcionar ejemplos visuales disminuía los errores conceptuales. Sin embargo, McNeill *et al.* también identificaron que cuando los estudiantes recibían ejemplos visualmente ricos, se desempeñaban peor que los estudiantes a los que no se les dio ningún ejemplo visual, lo que sugiere que los detalles visuales a veces pueden convertirse en una distracción y obstaculizar el rendimiento. Por tanto, es importante considerar que las imágenes utilizadas en la enseñanza sean claras y no ambiguas en su significado (Schwartz, 2007).

Ampliando aún más el alcance de la teoría de la codificación dual, Engelkamp y Zimmer (1984) sugieren que los movimientos motores, como “girar una manija”, pueden proporcionar un código motor adicional que puede mejorar la memoria, relacionando estudios de acciones motoras (representación física - enactment) con la teoría de la codificación dual (Clark y Paivio, 1991; Engelkamp y Cohen, 1991; Madan y Singhal, 2012c). De hecho, los efectos de esta representación motora parecen ocurrir principalmente durante el aprendizaje, más que durante la recuperación (Peterson y Mulligan, 2010). En líneas similares, Wammes, Meade y Fernandes (2016) demostraron que hacer dibujos puede otorgar beneficios a la memoria más allá de lo que podría explicarse mediante la imagen mental, la superioridad de la imagen o con otros efectos que mejoran la memoria. Al proporcionar evidencia convergente, incluso cuando las acciones motoras manifiestas no son necesarias en sí mismas, se ha demostrado que las palabras que representan objetos que se pueden mover mejoran su recuerdo posterior (Madan y Singhal, 2012b; Montefinese, Ambrosini, Fairfield y Mammarella, 2013). Esto indica que los procesos motores pueden mejorar la memoria de manera similar a las imágenes visuales, algo parecido a las diferencias de memoria para palabras concretas frente a las abstractas. Investigaciones posteriores sugieren que la simulación motora automática para objetos funcionales probablemente sea responsable de este beneficio de la memoria (Madan, Chen y Singhal, 2016).



**Fig. 7** Ejemplo de propiedades de palabras asociadas con la codificación visual, verbal y motora de la palabra “LAPICERO”. Una palabra puede evocar múltiples tipos de representaciones (“códigos” en la teoría de la Codificación dual). Ver una palabra evocará automáticamente representaciones verbales relacionadas con las letras y fonemas que la componen. Las palabras que representan objetos (es decir, sustantivos concretos) también evocarán representaciones visuales, incluida la información sobre objetos similares, partes que componen el objeto e información sobre dónde se encuentra normalmente el objeto. En algunos casos, también se pueden evocar códigos adicionales, como las propiedades relacionadas con el movimiento físico del objeto representado, donde la información contextual relacionada con la intención funcional del objeto y la acción de manipulación también pueden procesarse automáticamente al leer la palabra.

*Copyright note:* esta figura fue elaborada por los autores y se basa en Aylwin (1990; Fig. 2) y Madan y Singhal (2012a, Fig. 3).

Sin embargo, cuando los profesores combinan imágenes y palabras en su práctica educativa, es posible que no siempre aprovechen la codificación dual, al menos no de la manera óptima. Por ejemplo, una discusión reciente en Twitter se centró en la decisión de un docente de hacer que estudiantes de séptimo grado reemplazaran ciertas palabras en su informe de laboratorio de ciencias con una imagen de cada palabra (por ejemplo, las instrucciones dicen “usando una jeringa ...” y una imagen de una jeringa reemplazaba la palabra; Turner, 2016a). Otros profesores argumentaron que eso no era codificación dual (Beaven, 2016; Williams, 2016), porque no había dos representaciones diferentes de la información. El primer docente sostuvo que se conservaba la codificación dual, porque este informe de laboratorio con imágenes debía usarse junto con el informe original, que era totalmente verbal (Turner, 2016b). Esta implementación particular (hacer que los estudiantes reemplacen palabras individuales con imágenes) no se ha analizado en la literatura cognitiva, presumiblemente porque no se esperaba ningún beneficio.

En cualquier caso, necesitamos ser más claros sobre las implementaciones de la codificación dual y se necesita más investigación para aclarar cómo los profesores pueden hacer uso de los beneficios que otorgan las representaciones múltiples y la superioridad de la imagen.

De forma rotunda, la teoría de la codificación dual es distinta de la noción de “estilos de aprendizaje”, que describe la idea de que los individuos se benefician de una enseñanza que coincide con su formato de aprendizaje perceptual preferido. Si bien esta idea es generalizada y los individuos a menudo sienten subjetivamente que tienen una mejor forma de aprender, la evidencia indica que la teoría de los estilos de aprendizaje no está respaldada por hallazgos empíricos (por ejemplo, Kavale, Hirshoren y Forness, 1998; Pashler, McDaniel, Rohrer y Bjork, 2008; Rohrer y Pashler, 2012). Es decir, no hay evidencia de que enseñar a los estudiantes en su estilo de aprendizaje preferido conduzca a una mejora general en el aprendizaje (la hipótesis del “ajuste”). Además, los estilos de aprendizaje han llegado a ser descritos como

un mito o leyenda urbana<sup>5</sup> dentro de la psicología (Coffield, Moseley, Hall y Ecclestone, 2004; Hattie y Yates, 2014; Kirschner y van Merriënboer, 2013; Kirschner, 2017); el escepticismo sobre los estilos de aprendizaje es una postura común entre los profesores que informan sus prácticas en la evidencia (por ejemplo, Saunders, 2016). Kraemer, Rosenberg y Thompson-Schill (2009), que aportaron evidencia contra la noción de los estilos de aprendizaje, encontraron que los individuos que fueron categorizados como “aprendices verbales” y “visuales” no obtuvieron mejores resultados en los ensayos experimentales que coincidieran con sus preferencias. De hecho, se ha demostrado recientemente que aprender a través de nuestro estilo de aprendizaje preferido está asociado con juicios subjetivos sobre estimados de nuestro aprendizaje y no con un desempeño objetivo (Knoll, Otani, Skeel y Van Horn, 2017). A diferencia de los estilos de aprendizaje, la codificación dual se basa en proporcionar formas de información adicionales y complementarias para mejorar el aprendizaje, en lugar de adaptar la enseñanza a las preferencias de los estudiantes.

## Conclusión

Los entornos educativos reales presentan muchas oportunidades para combinar las estrategias descritas anteriormente. El espaciado puede ser particularmente potente para el aprendizaje si se combina con la práctica de recuperación. Los beneficios aditivos de la práctica de recuperación y el espaciado se pueden obtener participando en la práctica de recuperación varias veces (también conocida como práctica distribuida; ver Cepeda *et al.*, 2006). La práctica

intercalada implica espaciar naturalmente si los estudiantes intercalan material antiguo y nuevo. Los ejemplos concretos pueden ser tanto verbales como visuales, haciendo uso de la codificación dual. Además, las estrategias de elaboración, ejemplos concretos y codificación dual funcionan mejor cuando se utilizan como parte de la práctica de recuperación. Por ejemplo, en los estudios de mapeo conceptual mencionados anteriormente (Blunt y Karpicke, 2014; Karpicke, Blunt, *et al.*, 2014), crear mapas conceptuales mientras se miran materiales del curso (por ejemplo, un libro de texto) no fue tan efectivo para recordar posteriormente en contraste a crear mapas conceptuales de memoria. Al practicar la interrogación elaborativa, los estudiantes pueden comenzar respondiendo las preguntas del tipo “cómo” y “por qué” planteadas por ellos mismos utilizando materiales de la clase, y avanzar hasta responderlas de memoria. Y al intercalar diferentes tipos de problemas, los estudiantes deben practicar para responderlos en lugar de simplemente mirar ejemplos resueltos.

Pero, si bien estas ideas de combinaciones de estrategias tienen bases empíricas, aún no se ha establecido si los beneficios de las estrategias para el aprendizaje son aditivos, superaditivos o, en algunos casos, incompatibles. Por lo tanto, la investigación futura debe (a) formalizar de mejor manera la definición de cada estrategia (fundamentalmente para la elaboración y la codificación dual), (b) identificar las mejores prácticas para su implementación en la sala de clases, (c) delinear las condiciones límite en las que funciona o no cada estrategia y (d) investigar estratégicamente las interacciones entre las seis estrategias que describimos en este manuscrito.

**5 Nota del traductor:** En la editorial Aptus contamos con el libro [Mitos urbanos sobre aprendizaje y educación](#) de los investigadores DeBruyckere, Kirschner y Hulshof, donde se aborda una gran variedad de mitos educativos.

### **Agradecimientos**

No aplica.

### **Fondos**

YW y MAS fueron apoyados parcialmente por un fondo del Centro IDEA.

### **Disponibilidad de datos y materiales**

No aplica.

### **Contribuciones de los autores**

YW tomó la iniciativa en la redacción de las secciones “Práctica espaciada”, “Práctica intercalada” y “Elaboración”. CRM tomó la iniciativa en la redacción de las secciones “Ejemplos concretos” y “Codificación dual”. MAS tomó la iniciativa en la redacción de la sección “Práctica de recuperación”. Todos los autores editaron las secciones de los demás. Todos los autores participaron en la concepción y redacción del manuscrito. Todos los autores aprobaron la versión final.

### **Aprobación ética y consentimiento para participar**

No aplica.

### **Conflicto de intereses**

YW y MAS dirigen el blog, “The Learning Scientists”, que se cita en esta revisión tutorial. El blog no genera dinero. En el blog se proporcionan recursos gratuitos sobre las estrategias descritas en esta revisión tutorial. Ocasionalmente, las escuelas/distritos escolares invitan a YW y MAS a presentar los resultados de la investigación de la psicología cognitiva aplicada a la educación.

### **Nota del editor**

Springer Nature permanece neutral con respecto a los reclamos jurisdiccionales en mapas publicados y afiliaciones institucionales.

### **Detalles de los autores**

<sup>1</sup>Departamento de Psicología, Universidad de Massachusetts Lowell, Lowell, MA, EE. UU. <sup>2</sup>Departamento de Psicología, Boston College, Chestnut Hill, MA, EE. UU. <sup>3</sup>Escuela de Psicología, Universidad de Nottingham, Nottingham, Reino Unido. <sup>4</sup>Departamento de Psicología, Rhode Island College, Providence, RI, EE. UU.

**Recibido:** 20 de diciembre de 2016

**Aceptado:** 2 de diciembre de 2017

**Publicado en línea:** 24 de enero de 2018

## Referencias

- Alevin, V. A., & Koedinger, K. R. (2002). An effective metacognitive strategy: learning by doing and explaining with a computer-based cognitive tutor. *Cognitive Science*, 26, 147–179.
- Anderson, J. R. (1983). A spreading activation theory of memory. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 22, 261–295.
- Arnold, K. M., & McDermott, K. B. (2013). Test-potentiated learning: distinguishing between direct and indirect effects of tests. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 940–945.
- Aylwin, S. (1990). Imagery and affect: big questions, little answers. In P. J. Thompson, D. E. Marks, & J. T. E. Richardson (Eds.), *Imagery: Current developments*. New York: International Library of Psychology.
- Baldassari, M. J., & Kelley, M. (2012). Make'em laugh? The mnemonic effect of humor in a speech. *Psi Chi Journal of Psychological Research*, 17, 2–9.
- Barker, P. G., & Manji, K. A. (1989). Pictorial dialogue methods. *International Journal of Man-Machine Studies*, 31, 323–347.
- Bauernschmidt, A. (2017). GUEST POST: two examples are better than one. [Blog post]. *The Learning Scientists Blog*. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/5/30-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Beaven, T. (2016). @doctorwhy @FurtherEdagogy @doc\_kristy Right, I thought the whole point of dual coding was to use TWO codes: pics + words of the SAME info? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/TitaBeaven/status/807504041341308929>. Accessed 25 Dec 2017.
- Bellezza, F. S., Cheesman, F. L., & Reddy, B. G. (1977). Organization and semantic elaboration in free recall. *Journal of Experimental Psychology: Human Learning and Memory*, 3, 539–550.
- Benney, D. (2016). (Trying to apply) spacing in a content heavy subject [Blog post]. Retrieved from <https://mrbenney.wordpress.com/2016/10/16/trying-to-apply-spacing-in-science/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Berry, D. C. (1983). Metacognitive experience and transfer of logical reasoning. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 35A, 39–49.
- Birnbaum, M. S., Kornell, N., Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2013). Why interleaving enhances inductive learning: the roles of discrimination and retrieval. *Memory & Cognition*, 41, 392–402.
- Bjork, R. A. (1999). Assessing our own competence: heuristics and illusions. In D. Gopher & A. Koriat (Eds.), *Attention and performance XVII. Cognitive regulation of performance: Interaction of theory and application* (pp. 435–459). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bjork, R. A. (1994). Memory and metamemory considerations in the training of human beings. In J. Metcalfe & A. Shimamura (Eds.), *Metacognition: Knowing about knowing* (pp. 185–205). Cambridge, MA: MIT Press.
- Bjork, R. A., & Bjork, E. L. (1992). A new theory of disuse and an old theory of stimulus fluctuation. *From learning processes to cognitive processes: Essays in honor of William K. Estes*, 2, 35–67.
- Bjork, E. L., & Bjork, R. A. (2011). Making things hard on yourself, but in a good way: creating desirable difficulties to enhance learning. *Psychology and the real world: Essays illustrating fundamental contributions to society*, 56–64.
- Blunt, J. R., & Karpicke, J. D. (2014). Learning with retrieval-based concept mapping. *Journal of Educational Psychology*, 106, 849–858.
- Boulton, K. (2016). What does cognitive overload look like in the humanities? [Blog post]. Retrieved from <https://educationechochamberuncut.wordpress.com/2016/03/05/what-does-cognitive-overload-look-like-in-the-humanities-kris-boulton-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Brown, P. C., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). *Make it stick*. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Butler, A. C. (2010). Repeated testing produces superior transfer of learning relative to repeated studying. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 36, 1118–1133.
- Caplan, J. B., & Madan, C. R. (2016). Word-imageability enhances association- memory by recruiting hippocampal activity. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28, 1522–1538.
- Cepeda, N. J., Pashler, H., Vul, E., Wixted, J. T., & Rohrer, D. (2006). Distributed practice in verbal recall tasks: a review and quantitative synthesis. *Psychological Bulletin*, 132, 354–380.
- Cepeda, N. J., Vul, E., Rohrer, D., Wixted, J. T., & Pashler, H. (2008). Spacing effects in learning a temporal ridgeline of optimal retention. *Psychological Science*, 19, 1095–1102.
- Chi, M. T., De Leeuw, N., Chiu, M. H., & LaVancher, C. (1994). Eliciting self- explanations improves understanding. *Cognitive Science*, 18, 439–477.
- Chi, M. T., Feltovich, P. J., & Glaser, R. (1981). Categorization and representation of physics problems by experts and novices. *Cognitive Science*, 5, 121–152.
- CIFE. (2012). No January A level and other changes. Retrieved from <http://www.cife.org.uk/cife-general-news/no-january-a-level-and-other-changes/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Clark, D. (2016). One book on learning that every teacher, lecturer & trainer should read (7 reasons) [Blog post]. Retrieved from <http://donaldclarkplanb.blogspot.com/2016/03/one-book-on-learning-that-every-teacher.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Clark, J. M., & Paivio, A. (1991). Dual coding theory and education. *Educational Psychology Review*, 3, 149–210.
- Class Teaching. (2013). Deep questioning [Blog post]. Retrieved from [https:// classteaching.wordpress.com/2013/07/12/deep-questioning/](https://classteaching.wordpress.com/2013/07/12/deep-questioning/). Accessed 25. Dec 2017.

- Clinton, V., Alibali, M. W., & Nathan, M. J. (2016). Learning about posterior probability: do diagrams and elaborative interrogation help? *The Journal of Experimental Education*, 84, 579–599.
- Coffield, F., Moseley, D., Hall, E., & Ecclestone, K. (2004). *Learning styles and pedagogy in post-16 learning: a systematic and critical review*. London: Learning & Skills Research Centre.
- Cohen, R. L. (1981). On the generality of some memory laws. *Scandinavian Journal of Psychology*, 22, 267–281.
- Cooper, H. (1989). Synthesis of research on homework. *Educational Leadership*, 47, 85–91. Corbett, A. T., Reed, S. K., Hoffmann, R., MacLaren, B., & Wagner, A. (2010).
- Interleaving worked examples and cognitive tutor support for algebraic modeling of problem situations. In *Proceedings of the Thirty-Second Annual Meeting of the Cognitive Science Society* (pp. 2882–2887).
- Cox, D. (2015). No stakes testing – not telling students their results [Blog post]. Retrieved from <https://missdcoxblog.wordpress.com/2015/06/06/no-stakes-testing-not-telling-students-their-results/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Cox, D. (2016a). Ditch revision. Teach it well [Blog post]. Retrieved from <https://missdcoxblog.wordpress.com/2016/01/09/ditch-revision-teach-it-well/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Cox, D. (2016b). ‘They need to remember this in three years time’: spacing & interleaving for the new GCSEs [Blog post]. Retrieved from <https://missdcoxblog.wordpress.com/2016/03/25/they-need-to-remember-this-in-three-years-time-spacing-interleaving-for-the-new-gcse/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Craik, F. I. (2002). Levels of processing: past, present... future? *Memory*, 10, 305–318.
- Craik, F. I., & Lockhart, R. S. (1972). Levels of processing: a framework for memory research. *Journal of Verbal Learning and Verbal Behavior*, 11, 671–684.
- Danan, M. (1992). Reversed subtitling and dual coding theory: new directions for foreign language instruction. *Language Learning*, 42, 497–527.
- Dettmers, S., Trautwein, U., & Lüdtke, O. (2009). The relationship between homework time and achievement is not universal: evidence from multilevel analyses in 40 countries. *School Effectiveness and School Improvement*, 20, 375–405.
- Dirkx, K. J., Kester, L., & Kirschner, P. A. (2014). *The testing effect for learning principles and procedures from texts*. *The Journal of Educational Research*, 107, 357–364.
- Dunlosky, J. (2013). Strengthening the student toolbox: study strategies to boost learning. *American Educator*, 37(3), 12–21.
- Dunlosky, J. (2013). Fortaleciendo la caja de herramientas de los estudiantes estrategias de estudio para potenciar el aprendizaje. *American Educator*, 37(3), 12–21. Traducción realizada por Aptus en 2021.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students’ learning with effective learning techniques: promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14, 4–58.
- Ebbinghaus, H. (1913). *Memory* (HA Ruger & CE Bussenius, Trans.). New York: Columbia University, Teachers College. (Original work published 1885). Retrieved from <http://psychclassics.yorku.ca/Ebbinghaus/memory8.htm>. Accessed 25 Dec 2017.
- Eglington, L. G., & Kang, S. H. (2016). Retrieval practice benefits deductive inference. *Educational Psychology Review*, 1–14.
- Eitel, A., & Scheiter, K. (2015). Picture or text first? Explaining sequential effects when learning with pictures and text. *Educational Psychology Review*, 27, 153–180.
- Engelkamp, J., & Cohen, R. L. (1991). Current issues in memory of action events. *Psychological Research*, 53, 175–182.
- Engelkamp, J., & Zimmer, H. D. (1984). Motor programme information as a separable memory unit. *Psychological Research*, 46, 283–299.
- Fawcett, D. (2013). Can I be that little better at... using cognitive science/ psychology/neurology to plan learning? [Blog post]. Retrieved from <http://reflectionsofmyteaching.blogspot.com/2013/09/can-i-be-that-little-better-atusing.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Fiechter, J. L., & Benjamin, A. S. (2017). Diminishing-cues retrieval practice: a memory-enhancing technique that works when regular testing doesn’t. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1–9.
- Firth, J. (2016). Spacing in teaching practice [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/12-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Fordham, M. [mfordhamhistory]. (2016). Is there a meaningful distinction in psychology between ‘thinking’ & ‘critical thinking’? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/mfordhamhistory/status/809525713623781377>. Accessed 25 Dec 2017.
- Fritz, C. O., Morris, P. E., Nolan, D., & Singleton, J. (2007). Expanding retrieval practice: an effective aid to preschool children’s learning. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 60, 991–1004.
- Gates, A. I. (1917). Recitation as a factory in memorizing. *Archives of Psychology*, 6.
- Gick, M. L., & Holyoak, K. J. (1983). Schema induction and analogical transfer. *Cognitive Psychology*, 15, 1–38.
- Gorman, A. M. (1961). Recognition memory for nouns as a function of abstractedness and frequency. *Journal of Experimental Psychology*, 61, 23–39.
- Hainselin, M., Picard, L., Manolli, P., Vankerkore-Candas, S., & Bourdin, B. (2017). Hey teacher, don’t leave them kids alone: action is better for memory than reading. *Frontiers in Psychology*, 8.
- Harp, S. F., & Mayer, R. E. (1998). How seductive details do their damage. *Journal of Educational Psychology*, 90, 414–434.
- Hartland, W., Biddle, C., & Fallacaro, M. (2008). Audiovisual facilitation of clinical knowledge: A paradigm for dispersed student education based on Paivio’s dual coding theory. *AANA Journal*, 76, 194–198.
- Hattie, J., & Yates, G. (2014). *Visible learning and the science of how we learn*. New York: Routledge.
- Hausman, H., & Kornell, N. (2014). Mixing topics while studying does not enhance learning. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 153–160.

- Hinze, S. R., & Rapp, D. N. (2014). Retrieval (sometimes) enhances learning: performance pressure reduces the benefits of retrieval practice. *Applied Cognitive Psychology*, 28, 597–606.
- Hirshman, E. (2001). Elaboration in memory. In N. J. Smelser & P. B. Baltes (Eds.), *International encyclopedia of the social & behavioral sciences* (pp. 4369–4374). Oxford: Pergamon.
- Hobbiss, M. (2016). Make it meaningful! Elaboration [Blog post]. Retrieved from <https://hobbolog.wordpress.com/2016/06/09/make-it-meaningful-elaboration/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Jones, F. (2016). Homework – is it really that useless? [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/4/5-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Kaminski, J. A., & Sloutsky, V. M. (2013). Extraneous perceptual information interferes with children’s acquisition of mathematical knowledge. *Journal of Educational Psychology*, 105(2), 351–363.
- Kaminski, J. A., Sloutsky, V. M., & Heckler, A. F. (2008). The advantage of abstract examples in learning math. *Science*, 320, 454–455.
- Kang, S. H. (2016). Spaced repetition promotes efficient and effective learning policy implications for instruction. *Policy Insights from the Behavioral and Brain Sciences*, 3, 12–19.
- Kang, S. H. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L. (2007). Test format and corrective feedback modify the effects of testing on long-term retention. *European Journal of Cognitive Psychology*, 19, 528–558.
- Karpicke, J. D., & Aue, W. R. (2015). The testing effect is alive and well with complex materials. *Educational Psychology Review*, 27, 317–326.
- Karpicke, J. D., Blunt, J. R., Smith, M. A., & Karpicke, S. S. (2014). Retrieval-based learning: The need for guided retrieval in elementary school children. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 198–206.
- Karpicke, J. D., Lehman, M., & Aue, W. R. (2014). Retrieval-based learning: an episodic context account. In B. H. Ross (Ed.), *Psychology of Learning and Motivation* (Vol. 61, pp. 237–284). San Diego, CA: Elsevier Academic Press.
- Karpicke, J. D., Blunt, J. R., & Smith, M. A. (2016). Retrieval-based learning: positive effects of retrieval practice in elementary school children. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Kavale, K. A., Hirshoren, A., & Forness, S. R. (1998). Meta-analytic validation of the Dunn and Dunn model of learning-style preferences: a critique of what was Dunn. *Learning Disabilities Research & Practice*, 13, 75–80.
- Khanna, M. M. (2015). Ungraded pop quizzes: test-enhanced learning without all the anxiety. *Teaching of Psychology*, 42, 174–178.
- Kirby, J. (2014). One scientific insight for curriculum design [Blog post]. Retrieved from <https://pragmaticreform.wordpress.com/2014/05/05/scientificcurriculumdesign/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Kirschner, P. A. (2017). Stop propagating the learning styles myth. *Computers & Education*, 106, 166–171.
- Kirschner, P. A., & van Merriënboer, J. J. G. (2013). Do learners really know best? Urban legends in education. *Educational Psychologist*, 48, 169–183.
- Knoll, A. R., Otani, H., Skeel, R. L., & Van Horn, K. R. (2017). Learning style, judgments of learning, and learning of verbal and visual information. *British Journal of Psychology*, 108, 544–563.
- Kornell, N., & Bjork, R. A. (2008). Learning concepts and categories is spacing the “enemy of induction”? *Psychological Science*, 19, 585–592.
- Kornell, N., & Finn, B. (2016). Self-regulated learning: an overview of theory and data. In J. Dunlosky & S. Tauber (Eds.), *The Oxford Handbook of Metamemory* (pp. 325–340). New York: Oxford University Press.
- Kornell, N., Klein, P. J., & Rawson, K. A. (2015). Retrieval attempts enhance learning, but retrieval success (versus failure) does not matter. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 41, 283–294.
- Kraemer, D. J. M., Rosenberg, L. M., & Thompson-Schill, S. L. (2009). The neural correlates of visual and verbal cognitive styles. *Journal of Neuroscience*, 29, 3792–3798.
- Kraft, N. (2015). Spaced practice and repercussions for teaching. Retrieved from <http://nathankraft.blogspot.com/2015/08/spaced-practice-and-repercussions-for.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016a). Weekly Digest #3: How teachers implement interleaving in their curriculum [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/3/28/weekly-digest-3>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016b). Weekly Digest #13: how teachers implement retrieval in their classrooms [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/6/5/weekly-digest-13>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2016c). Weekly Digest #40: teachers’ implementation of principles from “Make It Stick” [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2016/12/18-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Learning Scientists. (2017). Weekly Digest #54: is there an app for that? Studying 2.0 [Blog post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/4/9/weekly-digest-54>. Accessed 25 Dec 2017.
- LeFevre, J.-A., & Dixon, P. (1986). Do written instructions need examples? *Cognition and Instruction*, 3, 1–30.
- Lew, K., Fukawa-Connelly, T., Meji-Ramos, J. P., & Weber, K. (2016). Lectures in advanced mathematics: Why students might not understand what the mathematics professor is trying to convey. *Journal of Research in Mathematics Education*, 47, 162–198.

- Lindsey, R. V., Shroyer, J. D., Pashler, H., & Mozer, M. C. (2014). Improving students' long-term knowledge retention through personalized review. *Psychological Science, 25*, 639–647.
- Lipko-Speed, A., Dunlosky, J., & Rawson, K. A. (2014). Does testing with feedback help grade-school children learn key concepts in science? *Journal of Applied Research in Memory and Cognition, 3*, 171–176.
- Lockhart, R. S., & Craik, F. I. (1990). Levels of processing: a retrospective commentary on a framework for memory research. *Canadian Journal of Psychology, 44*, 87–112.
- Lovell, O. (2017). How do we know what to put on the quiz? [Blog Post]. Retrieved from <http://www.ollielovell.com/olliesclassroom/know-put-quiz/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Luehmann, A. L. (2008). Using blogging in support of teacher professional identity development: a case study. *The Journal of the Learning Sciences, 17*, 287–337.
- Madan, C. R., Glaholt, M. G., & Caplan, J. B. (2010). The influence of item properties on association-memory. *Journal of Memory and Language, 63*, 46–63.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012a). Motor imagery and higher-level cognition: four hurdles before research can sprint forward. *Cognitive Processing, 13*, 211–229.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012b). Encoding the world around us: motor-related processing influences verbal memory. *Consciousness and Cognition, 21*, 1563–1570.
- Madan, C. R., & Singhal, A. (2012c). Using actions to enhance memory: effects of enactment, gestures, and exercise on human memory. *Frontiers in Psychology, 3*.
- Madan, C. R., Chen, Y. Y., & Singhal, A. (2016). ERPs differentially reflect automatic and deliberate processing of the functional manipulability of objects. *Frontiers in Human Neuroscience, 10*.
- Mandler, G. (1979). Organization and repetition: organizational principles with special reference to rote learning. In L. G. Nilsson (Ed.), *Perspectives on Memory Research* (pp. 293–327). New York: Academic Press.
- Marsh, E. J., Fazio, L. K., & Goswick, A. E. (2012). Memorial consequences of testing school-aged children. *Memory, 20*, 899–906.
- Mayer, R. E., & Gallini, J. K. (1990). When is an illustration worth ten thousand words? *Journal of Educational Psychology, 82*, 715–726.
- Mayer, R. E., & Moreno, R. (2003). Nine ways to reduce cognitive load in multimedia learning. *Educational Psychologist, 38*, 43–52.
- McDaniel, M. A., & Donnelly, C. M. (1996). Learning with analogy and elaborative interrogation. *Journal of Educational Psychology, 88*, 508–519.
- McDaniel, M. A., Thomas, R. C., Agarwal, P. K., McDermott, K. B., & Roediger, H. L. (2013). Quizzing in middle-school science: successful transfer performance on classroom exams. *Applied Cognitive Psychology, 27*, 360–372.
- McDermott, K. B., Agarwal, P. K., D'Antonio, L., Roediger, H. L., & McDaniel, M. A. (2014). Both multiple-choice and short-answer quizzes enhance later exam performance in middle and high school classes. *Journal of Experimental Psychology: Applied, 20*, 3–21.
- McHugh, A. (2013). High-stakes tests: bad for students, teachers, and education in general [Blog post]. Retrieved from <https://teacherbiz.wordpress.com/2013/07/01/high-stakes-tests-bad-for-students-teachers-and-education-in-general/>. Accessed 25 Dec 2017.
- McNeill, N. M., Uttal, D. H., Jarvin, L., & Sternberg, R. J. (2009). Should you show me the money? Concrete objects both hurt and help performance on mathematics problems. *Learning and Instruction, 19*, 171–184.
- Meider, W. (1990). “A picture is worth a thousand words”: from advertising slogan to American proverb. *Southern Folklore, 47*, 207–225.
- Michaela Community School. (2014). Homework. Retrieved from <http://mcsbrent.co.uk/homework-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Montefinese, M., Ambrosini, E., Fairfield, B., & Mammarella, N. (2013). The “subjective” pupil old/new effect: is the truth plain to see? *International Journal of Psychophysiology, 89*, 48–56.
- O'Neil, H. F., Chung, G. K., Kerr, D., Vendlinski, T. P., Buschang, R. E., & Mayer, R. E. (2014). Adding self-explanation prompts to an educational computer game. *Computers In Human Behavior, 30*, 23–28.
- Overoye, A. L., & Storm, B. C. (2015). Harnessing the power of uncertainty to enhance learning. *Translational Issues in Psychological Science, 1*, 140–148.
- Paivio, A. (1971). *Imagery and verbal processes*. New York: Holt, Rinehart and Winston. Paivio, A. (1986). *Mental representations: a dual coding approach*. New York: Oxford University Press.
- Paivio, A. (2007). *Mind and its evolution: a dual coding theoretical approach*. Mahwah: Erlbaum.
- Paivio, A. (2013). Dual coding theory, word abstractness, and emotion: a critical review of Kousta *et al.* (2011). *Journal of Experimental Psychology: General, 142*, 282–287.
- Paivio, A., & Csapo, K. (1969). Concrete image and verbal memory codes. *Journal of Experimental Psychology, 80*, 279–285.
- Paivio, A., & Csapo, K. (1973). Picture superiority in free recall: imagery or dual coding? *Cognitive Psychology, 5*, 176–206.
- Paivio, A., Walsh, M., & Bons, T. (1994). Concreteness effects on memory: when and why? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 20*, 1196–1204.
- Pashler, H., McDaniel, M., Rohrer, D., & Bjork, R. (2008). Learning styles: concepts and evidence. *Psychological Science in the Public Interest, 9*, 105–119.
- Pashler, H., Bain, P. M., Bottge, B. A., Graesser, A., Koedinger, K., McDaniel, M., & Metcalfe, J. (2007). Organizing instruction and study to improve student learning. IES practice guide. NCER 2007–2004. *National Center for Education Research*.

- Patel, R., Liu, R., & Koedinger, K. (2016). When to block versus interleave practice? Evidence against teaching fraction addition before fraction multiplication. In *Proceedings of the 38th Annual Meeting of the Cognitive Science Society, Philadelphia, PA*.
- Penfound, B. (2017). Journey to interleaved practice #2 [Blog Post]. Retrieved from <https://fullstackcalculus.com/2017/02/03/journey-to-interleaved-practice-2/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Penfound, B. [BryanPenfound]. (2016). Does blocked practice/learning lessen cognitive load? Does interleaved practice/learning provide productive struggle? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/BryanPenfound/status/808759362244087808>. Accessed 25 Dec 2017.
- Peterson, D. J., & Mulligan, N. W. (2010). Enactment and retrieval. *Memory & Cognition*, 38, 233–243.
- Picciotto, H. (2009). Lagging homework [Blog post]. Retrieved from <http://blog.mathedpage.org/2013/06/lagging-homework.html>. Accessed 25 Dec 2017.
- Pomerance, L., Greenberg, J., & Walsh, K. (2016). Learning about learning: what every teacher needs to know. Retrieved from [http://www.nctq.org/dmsView/Learning\\_About\\_Learning\\_Report](http://www.nctq.org/dmsView/Learning_About_Learning_Report). Accessed 25 Dec 2017. *Handbook of learning and cognitive processes* (Vol. 3). Hillsdale: Erlbaum.
- Pressley, M., McDaniel, M. A., Turnure, J. E., Wood, E., & Ahmad, M. (1987). Generation and precision of elaboration: effects on intentional and incidental learning. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 13, 291–300.
- Reed, S. K. (2008). Concrete examples must jibe with experience. *Science*, 322, 1632–1633.
- ResearchED. (2013). How it all began. Retrieved from <http://www.researched.org.uk/about/our-story/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Ritchie, S. J., Della Sala, S., & McIntosh, R. D. (2013). Retrieval practice, with or without mind mapping, boosts fact learning in primary school children. *PLoS One*, 8(11), e78976.
- Rittle-Johnson, B. (2006). Promoting transfer: effects of self-explanation and direct instruction. *Child Development*, 77, 1–15.
- Roediger, H. L. (1985). Remembering Ebbinghaus. [Retrospective review of the book *On Memory*, by H. Ebbinghaus]. *Contemporary Psychology*, 30, 519–523.
- Roediger, H. L. (2013). Applying cognitive psychology to education translational educational science. *Psychological Science in the Public Interest*, 14, 1–3.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). The power of testing memory: basic research and implications for educational practice. *Perspectives on Psychological Science*, 1, 181–210.
- Roediger, H. L., Putnam, A. L., & Smith, M. A. (2011). Ten benefits of testing and their applications to educational practice. In J. Mester & B. Ross (Eds.), *The psychology of learning and motivation: cognition in education* (pp. 1–36). Oxford: Elsevier.
- Roediger, H. L., Finn, B., & Weinstein, Y. (2012). Applications of cognitive science to education. In Della Sala, S., & Anderson, M. (Eds.), *Neuroscience in education: the good, the bad, and the ugly*. Oxford, UK: Oxford University Press.
- Roelle, J., & Berthold, K. (2017). Effects of incorporating retrieval into learning tasks: the complexity of the tasks matters. *Learning and Instruction*, 49, 142–156.
- Rohrer, D. (2012). Interleaving helps students distinguish among similar concepts. *Educational Psychology Review*, 24(3), 355–367.
- Rohrer, D., Dedrick, R. F., & Stershic, S. (2015). Interleaved practice improves mathematics learning. *Journal of Educational Psychology*, 107, 900–908.
- Rohrer, D., & Pashler, H. (2012). Learning styles: Where's the evidence? *Medical Education*, 46, 34–35.
- Rohrer, D., & Taylor, K. (2007). The shuffling of mathematics problems improves learning. *Instructional Science*, 35, 481–498.
- Rose, N. (2014). Improving the effectiveness of homework [Blog post]. Retrieved from <https://evidenceintopractice.wordpress.com/2014/03/20/improving-the-effectiveness-of-homework/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Sadoski, M. (2005). A dual coding view of vocabulary learning. *Reading & Writing Quarterly*, 21, 221–238.
- Saunders, K. (2016). It really is time we stopped talking about learning styles [Blog post]. Retrieved from <http://martingsaunders.com/2016/10/it-really-is-time-we-stopped-talking-about-learning-styles/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Schwartz, D. (2007). If a picture is worth a thousand words, why are you reading this essay? *Social Psychology Quarterly*, 70, 319–321.
- Shumaker, H. (2016). Homework is wrecking our kids: the research is clear, let's ban elementary homework. *Salon*. Retrieved from [http://www.salon.com/2016/03/05/homework\\_is\\_wrecking\\_our\\_kids\\_the\\_research\\_is\\_clear\\_lets\\_ban\\_elementary\\_homework](http://www.salon.com/2016/03/05/homework_is_wrecking_our_kids_the_research_is_clear_lets_ban_elementary_homework). Accessed 25 Dec 2017.
- Smith, A. M., Floerke, V. A., & Thomas, A. K. (2016). Retrieval practice protects memory against acute stress. *Science*, 354, 1046–1048.
- Smith, M. A., Blunt, J. R., Whiffen, J. W., & Karpicke, J. D. (2016). Does providing prompts during retrieval practice improve learning? *Applied Cognitive Psychology*, 30, 784–802.
- Smith, M. A., & Karpicke, J. D. (2014). Retrieval practice with short-answer, multiple-choice, and hybrid formats. *Memory*, 22, 784–802.
- Smith, M. A., Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2013). Covert retrieval practice benefits retention as much as overt retrieval practice. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 39, 1712–1725.
- Son, J. Y., & Rivas, M. J. (2016). Designing clicker questions to stimulate transfer. *Scholarship of Teaching and Learning in Psychology*, 2, 193–207.

- Szpunar, K. K., Khan, N. Y., & Schacter, D. L. (2013). Interpolated memory tests reduce mind wandering and improve learning of online lectures. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110, 6313–6317.
- Thomson, R., & Mehring, J. (2016). Better vocabulary study strategies for long-term learning. *Kwansei Gakuin University Humanities Review*, 20, 133–141.
- Trafton, J. G., & Reiser, B. J. (1993). *Studying examples and solving problems: contributions to skill acquisition*. Technical report, Naval HCI Research Lab, Washington, DC, USA.
- Tran, R., Rohrer, D., & Pashler, H. (2015). Retrieval practice: the lack of transfer to deductive inferences. *Psychonomic Bulletin & Review*, 22, 135–140.
- Turner, K. [doc\_kristy]. (2016a). My dual coding (in red) and some y8 work @AceThatTest they really enjoyed practising the technique [Tweet]. Retrieved from [https://twitter.com/doc\\_kristy/status/807220355395977216](https://twitter.com/doc_kristy/status/807220355395977216). Accessed 25 Dec 2017.
- Turner, K. [doc\_kristy]. (2016b). @FurtherEdagogy @doctorwhy their work is revision work, they already have the words on a different page, to complement not replace [Tweet]. Retrieved from [https://twitter.com/doc\\_kristy/status/807360265100599301](https://twitter.com/doc_kristy/status/807360265100599301). Accessed 25 Dec 2017.
- Valle, A., Regueiro, B., Núñez, J. C., Rodríguez, S., Piñeiro, I., & Rosário, P. (2016).
- Academic goals, student homework engagement, and academic achievement in elementary school. *Frontiers in Psychology*, 7.
- Van Gog, T., & Sweller, J. (2015). Not new, but nearly forgotten: the testing effect decreases or even disappears as the complexity of learning materials increases. *Educational Psychology Review*, 27, 247–264.
- Wammes, J. D., Meade, M. E., & Fernandes, M. A. (2016). The drawing effect: evidence for reliable and robust memory benefits in free recall. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69, 1752–1776.
- Weinstein, Y., Gilmore, A. W., Szpunar, K. K., & McDermott, K. B. (2014). The role of test expectancy in the build-up of proactive interference in long-term memory. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 40, 1039–1048.
- Weinstein, Y., Nunes, L. D., & Karpicke, J. D. (2016). On the placement of practice questions during study. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 22, 72–84.
- Weinstein, Y., & Weinstein-Jones, F. (2017). Topic and quiz spacing spreadsheet: a planning tool for teachers [Blog Post]. Retrieved from <http://www.learningscientists.org/blog/2017/5/11-1>. Accessed 25 Dec 2017.
- Weinstein-Jones, F., & Weinstein, Y. (2017). Topic spacing spreadsheet for teachers [Excel macro]. *Zenodo*. <http://doi.org/10.5281/zenodo.573764>. Accessed 25 Dec 2017.
- Williams, D. [FurtherEdagogy]. (2016). @doctorwhy @doc\_kristy word accompanying the visual? I'm unclear how removing words benefit? Would a flow chart better suit a scientific exp? [Tweet]. Retrieved from <https://twitter.com/FurtherEdagogy/status/807356800509104128>. Accessed 25 Dec 2017.
- Wood, B. (2017). And now for something a little bit different... [Blog post]. Retrieved from <https://justateacherstandinginfrontofaclass.wordpress.com/2017/04/20/and-now-for-something-a-little-bit-different/>. Accessed 25 Dec 2017.
- Wooldridge, C. L., Bugg, J. M., McDaniel, M. A., & Liu, Y. (2014). The testing effect with authentic educational materials: a cautionary note. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 3, 214–221.
- Young, C. (2016). Mini-tests. Retrieved from <https://colleenyoung.wordpress.com/revision-activities/mini-tests/>. Accessed 25 Dec 2017.