

# Los exámenes como fuente de estrés. Cómo las evaluaciones pueden afectar el aprendizaje a través del estrés

David Bueno<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup>Director de la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1ST. Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona.

## \*Correspondencia

David Bueno i Torrens  
dbueno@ub.edu

## Citación

Bueno D. Los exámenes como fuente de estrés. Cómo las evaluaciones pueden afectar el aprendizaje a través del estrés. JONED. Journal of Neuroeducation. 2021; 2(3): 72-85.

## Artículo original

Publicado el 11 de febrero de 2021 en el Science of Learning Portal de la International Bureau of Education de la Unesco (<https://solportal.ibe-unesco.org/articles/exams-as-a-source-of-stress-how-assessments-may-affect-learning-through-stress/>)

Este artículo forma parte de una serie de informes realizados por el autor para la International Bureau of Education de la Unesco mediante una *senior fellowship* concedida por la International Brain Research Organisation (IBRO). Este programa tiene como objetivo apoyar y acercar la investigación neurocientífica clave sobre el aprendizaje y el cerebro a educadores, responsables políticos y gobiernos.

Traducido y reproducido con permiso.

## Editora

Laia Lluch Molins (Universitat de Barcelona, España)

## Revisores del artículo original

Donna Coch (Department of Education, Dartmouth College, EUA) y Joel Talcott (Aston Neuroscience Institute, Aston University, Birmingham, UK)

*El manuscrito ha sido aceptado por todos los autores, en el caso de haber más de uno, y las figuras, tablas e imágenes no están sujetos a ningún tipo de copyright.*

## Resumen

Las situaciones estresantes como los exámenes pueden afectar al proceso de aprendizaje y a la memoria de diferentes maneras. Sin embargo, cuando se requiere que los estudiantes analicen información nueva relevante para el examen y apliquen conocimientos a una situación nueva, tales evaluaciones pueden contribuir a reforzar las habilidades y consolidar la memoria.

**Palabras clave:** emociones y aprendizaje; aprendizaje permanente eficaz; calidad, equidad y relevancia de la educación y el aprendizaje

## Resumen ejecutivo

- Los métodos de evaluación y examen tienen un impacto profundo en la forma en que los estudiantes estudian, lo que aprenden y la forma en que posteriormente usan los nuevos conocimientos, que van desde conocimientos principalmente conceptuales hasta las habilidades y destrezas, y desde el aprendizaje superficial hasta el aprendizaje profundo.
- Los exámenes y evaluaciones tradicionales pueden ejercer una presión estresante sobre los estudiantes que puede afectar tanto al proceso de aprendizaje como a la formación de la memoria de diferentes maneras. Sin embargo, las respuestas al estrés dependen del temperamento de cada individuo, entre otros factores.
- Los efectos del estrés sobre la memoria dependen de la fase concreta del proceso de memoria; por ejemplo, la codificación, la consolidación o la recuperación, así como de la temporalidad del estrés con respecto a la actividad de aprendizaje o etapa del proceso de memoria.
- Habitualmente, la temporalidad de los exámenes con respecto a la fase de memoria o actividad de aprendizaje hace que el estrés que tales evaluaciones pueden generar perjudique a la consolidación de la memoria, convirtiendo en menos efectivo el proceso de aprendizaje en general.
- Cuando el examen se combina con la adquisición de nuevos aprendizajes y conocimientos que se perciben como relevantes para la situación, o cuando el aprendizaje y las pruebas tienen lugar en el mismo contexto, la memoria no sufre los efectos dañinos del estrés. Estos métodos pueden contribuir a consolidar la memoria y hacer que el proceso de aprendizaje sea más eficiente.

## Introducción

Una de las principales cuestiones que se plantean en la educación es el papel de los exámenes, es decir, para qué sirven. Las evaluaciones se utilizan para verificar si un estudiante está calificado, aunque también se pueden usar por otras razones; como para monitorear el progreso y como una herramienta educativa para influir en el proceso de aprendizaje, incluida la consolidación de la memoria, por ejemplo, a través de la retroalimentación con los estudiantes. Las calificaciones de los exámenes se pueden utilizar como criterio de selección para determinar el acceso de los estudiantes a determinadas escuelas de formación profesional o estudios universitarios mediante una clasificación numérica que algunos pueden interpretar como un "punto final" educativo si no se logra una calificación suficiente, aunque para otros puede servir de estímulo para seguir avanzando. La disposición temperamental hacia el estrés y la ansiedad pueden contribuir a estas diferentes respuestas<sup>1</sup>, pero el método de examen utilizado, así como el llamado efecto de prueba también pueden desempeñar un papel importante<sup>2,3</sup>.

El método de examen y la tipología de preguntas que se utilizan para evaluar los conocimientos de los estudiantes sobre un tema determinado también pueden tener un impacto considerable en cómo y cuándo los estudiantes estudian, qué aprenden y cómo utilizan posteriormente los nuevos conocimientos<sup>4</sup>. Además, los exámenes oficiales, que dependen de la política educativa y la legislación de cada país o región, como los que permiten el acceso a estudios superiores (así, las pruebas de ingreso a la universidad), pueden influir en la forma en que los profesores enseñan<sup>5</sup> y, en consecuencia, en la forma en que los estudiantes estudian y aprenden. En pocas palabras, si una evaluación es principalmente una prueba de conocimientos conceptuales, se espera que los estudiantes aprendan, memoricen y recuerden hechos y detalles. En cambio, si una evaluación requiere la capacidad de interpretar, dar ejemplos, resumir, comparar, explicar, aplicar, analizar, evaluar o sintetizar, los estudiantes deberán centrarse más en las habilidades. Por supuesto, incluso si la evaluación es principalmente de conocimientos conceptuales, los estudiantes aún pueden aprender a interpretar, comparar, aplicar, analizar, etc., pero la tendencia será centrarse más en hechos y detalles para obtener

la mejor calificación. Por el contrario, si la evaluación es principalmente de habilidades y destrezas, los estudiantes todavía tienen que aprender hechos y detalles (de lo contrario, no tendrán suficiente material para aplicar sus habilidades), pero tenderán a enfocarse más en estas habilidades. Lo mismo puede decirse de otros tipos de evaluación, incluidas las que combinan diferentes sistemas de examen. El uso de cualquier método específico o la combinación de diferentes métodos, es decir, exámenes basados en hechos o basados en habilidades, así como la forma precisa en la que están diseñados (ensayo, prueba de opción múltiple, examen de libros abiertos, etc.; véase a continuación una discusión sobre los métodos de examen) depende de diversos factores, como las políticas educativas, los centros educativos y los sistemas de enseñanza, y varía en todo el mundo.

Junto a estas consideraciones, los exámenes y evaluaciones pueden ejercer una presión estresante sobre los estudiantes. De hecho, los eventos estresantes son bastante comunes en entornos educativos, tanto para estudiantes como para profesores. Sin embargo, el estrés puede tener un impacto adverso crítico en los procesos de aprendizaje y memoria<sup>6,7</sup> y, llevado a un extremo en el que se vuelve crónico, también contribuir a algunos trastornos cerebrales como depresión mayor y trastorno por estrés postraumático<sup>8</sup>. Se han realizado muchos estudios para aclarar los efectos del estrés en el aprendizaje y la memoria, tanto en humanos como animales modelo. Los efectos del estrés son complejos, producen tanto mejoras como deterioros en la memoria y el aprendizaje, y en el control de las funciones ejecutivas, como son los sistemas atencionales, la memoria de trabajo, la inhibición (gestión emocional) y la flexibilidad cognitiva, entre otros<sup>9,10</sup> en función del proceso cognitivo específico, la etapa de desarrollo del estudiante (desde la niñez hasta la edad adulta), el temperamento, etcétera<sup>5,11</sup> (ver más adelante la discusión sobre estos temas).

Por lo tanto, aunque la evaluación es crucial para monitorear la efectividad tanto de la enseñanza como del aprendizaje y para verificar si un estudiante está calificado, al mismo tiempo, los métodos de evaluación dan forma a cómo los estudiantes enfocan el aprendizaje, cuánto aprenden y qué aprenden (es decir, el contenido).<sup>12,13</sup> En este contexto, el estrés generado por los exámenes y las evaluaciones puede afectar el proceso de aprendizaje desde "dentro", es

decir, desde los mecanismos neuronales que vinculan las respuestas al estrés y el aprendizaje. En consecuencia, tanto los profesores como los estudiantes, los evaluadores, los diseñadores de planes de estudio, los responsables políticos, las instituciones y las administraciones se ven afectados, de alguna manera, por los métodos de evaluación y examen.

En este informe se discuten los efectos de los exámenes y las evaluaciones sobre las respuestas al estrés y, en consecuencia, sobre el proceso de aprendizaje. No pretende ser una revisión de los sistemas de evaluación actuales o de las políticas educativas en todo el mundo, que difieren sustancialmente según las políticas nacionales y regionales<sup>14</sup>, las tradiciones educativas, los recursos técnicos disponibles, etcétera, sino proporcionar ideas e hipótesis que puedan ayudar a repensar el papel que desempeñan los exámenes y qué tipo de exámenes cumplen mejor esta función para informar a los gestores de políticas educativas y a los docentes, y para orientar la investigación futura en neurociencia educativa hacia el desarrollo y progreso en esta área. Para alcanzar tal objetivo, este artículo resumirá, primero, cómo la tipología de exámenes puede influir en el aprendizaje y, a partir de ahí, considerará los efectos del estrés en la consolidación de la memoria y en las funciones ejecutivas en diferentes escenarios.

### Cómo la tipología de exámenes puede influir en el aprendizaje: una descripción general

La evocación de la memoria, que es una actividad cognitiva crucial durante los exámenes, es un proceso activo que puede alterar el contenido y la accesibilidad de los recuerdos almacenados. Aunque este *efecto de prueba* a menudo se vuelve visible solo con el tiempo<sup>2,3</sup> es de relevancia para la práctica educativa, ya que se ha demostrado que la recuperación de la memoria fomenta una mejor retención que el mero estudio<sup>3</sup> (p. ej., el uso de tarjetas para estudiar, que dependen de la recuperación). Sin embargo, el estrés, que es una respuesta fisiológica ante una amenaza potencial y bastante común durante los exámenes y durante el proceso de preparación de los mismo, también puede afectar al proceso de aprendizaje y a la formación de la memoria de diferentes maneras;<sup>6,7</sup> lo que a su vez puede significar que las evaluaciones producen efectos contradictorios en estos procesos.

Tradicionalmente se utilizan diversas formas de examen y evaluación, cada una de las cuales tiene características específicas que pueden influir en la enseñanza y el aprendizaje de diferentes maneras<sup>15</sup>:

- Exámenes escritos, que pueden incluir preguntas de respuesta corta y de redacción más larga o de ensayo. Las preguntas de respuesta corta se utilizan principalmente para probar cómo los estudiantes recuerdan hechos específicos (aunque no es necesario, ya que, por ejemplo, es bastante fácil generar preguntas de respuesta corta que pidan a los estudiantes que comparen y contrasten dos cosas). Por el contrario, las preguntas de redacción o ensayo dan una mejor evaluación de cómo los estudiantes han entendido un tema y de sus capacidades para aplicar sus conocimientos y realizar análisis, y para comparar, evaluar y sintetizar (véase el **anexo** para un ejemplo).
- Pruebas de opción múltiple, que se utilizan principalmente para centrarse en el conocimiento detallado de los hechos y conceptos.
- Exámenes a libro abierto, en los que los estudiantes utilizan libros de texto y otros materiales. Estos pueden ser útiles para evaluar la comprensión y la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos y seleccionar información relevante.
- Evaluación por computadora, que incluye preguntas de opción múltiple, pero también problemas interactivos que los estudiantes deben desarrollar sobre el uso del software, combinando así conocimientos y habilidades.
- Exámenes para llevar a casa, en los que las tareas se utilizan para evaluar la comprensión y la capacidad de los estudiantes para aplicar conocimientos y seleccionar y sintetizar información relevante, posiblemente disminuyendo la presión de tener un tiempo muy limitado para resolverlos.
- Exámenes orales, que son útiles para poner a prueba el conocimiento y la comprensión de un tema por parte de los estudiantes de forma dinámica e interactiva, incluyendo sus habilidades de aplicación, análisis, integración, argumentación y síntesis de información. Además, la retroalimentación directa en el examen oral brinda oportunidades para que los estudiantes aprendan inmediatamente del examen; también se ha demostrado que presentar los conocimientos en voz alta contribuye a su consolidación<sup>16</sup>. Sin embargo, el

desempeño de algunos estudiantes cuando se enfrentan a un examen oral se puede ver afectado por su temperamento.

- Redacción de informes y presentaciones orales o póster de las tareas realizadas, en las que se pone a prueba la capacidad del alumno para realizar tareas y aplicar conocimientos a situaciones desconocidas, incluyendo análisis y síntesis, así como para redactar y presentar los resultados.

El primer trabajo sobre el efecto de los exámenes escritos en el aprendizaje y en la retención de los conocimientos se remonta a 1938<sup>17</sup>. Una de las principales conclusiones de este trabajo fundacional es que “el uso de exámenes estimula el logro en un grado significativo, [...] pero aún no hay evidencias que demuestren que este mayor logro [...] persista después de seis semanas o de tres meses”. Mucho más recientemente, varios trabajos han analizado los efectos de la tipología de exámenes sobre cómo y qué aprenden los estudiantes. Por ejemplo, al comparar un trabajo de fin de curso de tipo ensayístico realizado por estudiantes de segundo año de educación de la Universidad de Sídney con otro de opción múltiple<sup>4</sup>, se vio que los estudiantes tenían más probabilidades de emplear enfoques de aprendizaje superficial en el contexto del examen de opción múltiple y de percibir estos exámenes como una evaluación del procesamiento intelectual basado en los conocimientos. Por el contrario, los estudiantes eran más propensos a emplear enfoques de aprendizaje profundo al preparar sus tareas de ensayo, que percibían como una evaluación de niveles más altos de procesamiento cognitivo. Asimismo, un desempeño deficiente en la tarea de ensayo se asoció con el empleo de estrategias de aprendizaje superficial y un desempeño deficiente en la tarea de opción múltiple se asoció con el empleo de estrategias de aprendizaje profundo. Las estrategias de aprendizaje superficial se pueden definir de manera simple como memorizar únicamente lo que se necesita para un examen<sup>18</sup>. Se dice que los estudiantes que utilizan el aprendizaje superficial tienden a ser más pasivos y a ver el aprendizaje como una forma de afrontar las tareas para poder aprobar la evaluación<sup>18</sup>. Por el contrario, los estudiantes que adoptan un enfoque de aprendizaje profundo buscan comprender el significado, y es más probable que tengan una curiosidad genuina sobre el tema de estudio y de sus conexio-

nes con otros temas<sup>18</sup>. Se dice que estos estudiantes pueden disfrutar del aprendizaje social, incluyendo la discusión de diferentes puntos de vista<sup>19</sup>. También se ha demostrado que el aprendizaje activo aumenta el rendimiento de los estudiantes en ciencias, ingeniería y matemáticas<sup>20</sup>, y que el aprendizaje basado en problemas mejora el aprendizaje profundo<sup>21</sup>.

En otro trabajo, centrado en estudios de idiomas<sup>22</sup>, los efectos o influencias positivos de los exámenes se resumieron en los siguientes puntos: (1) inducen a los profesores a cubrir sus materias más a fondo; (2) motivan a los estudiantes a trabajar más duro para obtener un sentido de logro y así mejorar el aprendizaje [aunque principalmente el aprendizaje de conceptos], y (3), si son buenos, se pueden utilizar y diseñar como actividades beneficiosas de enseñanza-aprendizaje para fomentar la enseñanza positiva. De la misma manera, se reportaron los siguientes efectos negativos de los exámenes: (1) alientan a los maestros a reducir el plan de estudios y perder tiempo de instrucción, lo que lleva a “enseñar para la prueba”; (2) inducen ansiedad tanto en los profesores como en los estudiantes y distorsionan su rendimiento [véase la discusión sobre estrés y aprendizaje, más adelante]; (3) es posible que los estudiantes no aprendan conocimientos de la vida real, sino aspectos puntuales relacionados con el examen, y (4) puede hacer que los estudiantes hagan una asociación negativa con las pruebas, lo que, en consecuencia, puede alterar su motivación de aprendizaje.

Una forma de aprovechar los efectos positivos de los diferentes métodos de examen y disminuir la incidencia de los negativos es utilizar una combinación de los diferentes métodos para realizar evaluaciones. Aunque, en la actualidad, la mayoría de las estrategias pedagógicas y de las políticas educativas utilizan esta idea, el autor considera que es importante enfatizar estos aspectos, ya que este trabajo está pensado para que pueda ser utilizado en todo el mundo. También vale la pena señalar que los métodos de examen centrados en probar la capacidad de aplicar los conocimientos a situaciones particulares y realizar análisis, comparaciones y evaluaciones no solo se pueden aplicar de forma individual, sino también a grupos de estudiantes, probando así su capacidad para trabajar en colaboración<sup>23-25</sup>. Esto también puede ser útil para evaluar la práctica docente cuando se ha utilizado esta estrategia (el trabajo colaborativo) durante la docencia. Sin embargo, el denominador

común de todos los exámenes es que para algunos o incluso para muchos estudiantes generan estrés, lo cual puede tener efectos contradictorios.

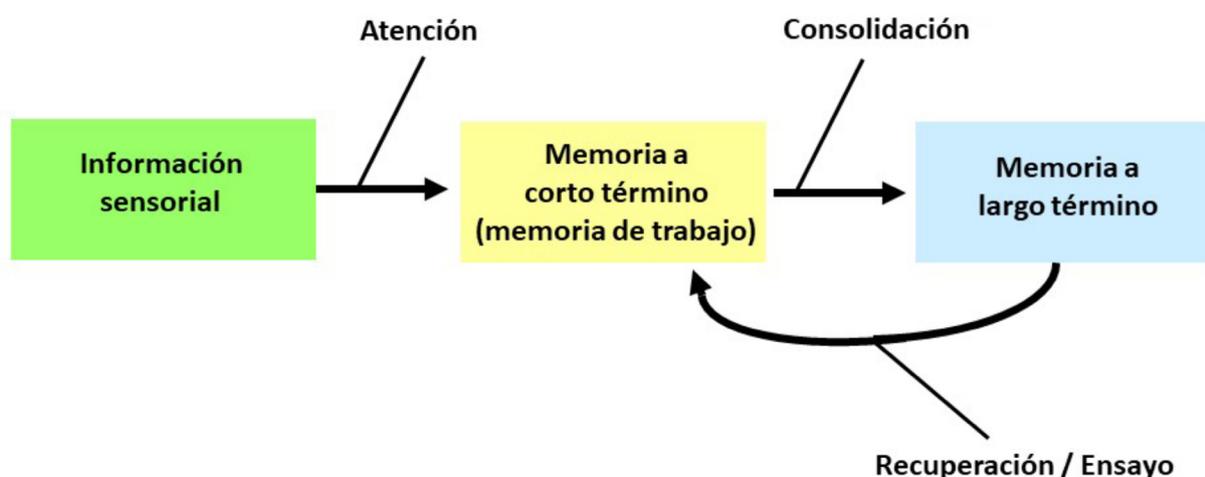
Por último, es importante señalar que el uso de la variedad de métodos de examen mencionados anteriormente no solo depende de las políticas y tradiciones educativas, sino también de la disponibilidad de los materiales e instrumentos necesarios, como libros de texto para exámenes a libro abierto, computadoras y conectividad a internet para evaluaciones por computadora, espacios apropiados y apoyo adecuado de los padres o cuidadores para los exámenes en casa, etcétera. Estos factores, a su vez, también están influenciados por las diferencias regionales y el nivel socioeconómico, aunque no de forma exclusiva<sup>26</sup>.

## Recuperación y consolidación de la memoria

Como se indicó anteriormente, la recuperación de la memoria, que es una actividad cognitiva crucial durante los exámenes, contribuye a la consolidación de la misma. La consolidación de la memoria se refiere al proceso mediante el cual una memoria lábil temporal se transforma en una forma más estable y duradera (figura 1). Se propuso por primera vez en 1900<sup>27</sup> para explicar el fenómeno por el cual el material aprendido sigue siendo vulnerable a la interferencia durante un período de tiempo después del aprendizaje. Durante la consolidación de la memo-

ria, es decir, durante la reorganización gradual de los sistemas cerebrales que sustentan la memoria<sup>28,29</sup> el hipocampo guía la reorganización de la información almacenada en el neocórtex<sup>30</sup>. El hipocampo es parte del sistema límbico y tiene un papel importante en la consolidación de la información de la memoria a corto plazo a la memoria a largo plazo, también en la memoria espacial que permite la navegación. A su vez, el neocórtex es parte de la corteza cerebral del cerebro humano, de donde se origina el funcionamiento cognitivo superior, incluidas las funciones ejecutivas. Además, en algunas condiciones, la memoria a largo plazo puede volver transitoriamente a un estado lábil y luego estabilizarse gradualmente de nuevo; fenómeno denominado reconsolidación<sup>31-33</sup>. Cabe señalar que la naturaleza dinámica de la memoria a largo plazo<sup>34</sup> hace que se reconstruya cada vez que se evoca o se utiliza, pero también la vuelve vulnerable al error, como, por ejemplo, en los falsos recuerdos<sup>35</sup>. Aunque gran parte de este efecto no se debe al grado de recuerdos falsos, lo importante es que el acto mismo de recordar el recuerdo cambia el recuerdo.

Este punto resalta la importancia de usar métodos de evaluación que no perjudiquen el aprendizaje previo, sino que contribuyan a su crecimiento y consolidación, como ocurre, por ejemplo, cuando los estudiantes deben analizar información nueva relevante para el examen y aplicar los conocimientos a una situación novedosa. Sin embargo, vale la pena señalar que el supuesto efecto de disrupción también puede



**Figura 1.** De la memoria sensorial a la memoria a largo plazo: el papel de la recuperación de la memoria en la consolidación de la memoria

usarse para inducir cambios conceptuales cuando sea necesario.

Dentro de este esquema, recuperar información recién aprendida de la memoria es un proceso activo que consolida la información y, por lo tanto, disminuye la incidencia de olvido<sup>36,37</sup>. Este efecto es especialmente relevante cuando se combina con el espaciamiento entre el aprendizaje y las recuperaciones sucesivas<sup>38,39</sup>. La cuestión de las curvas de olvido se examinó por primera vez a finales del siglo XIX<sup>40</sup>. Desde entonces, diversos trabajos han demostrado que la recuperación espaciada de lo aprendido tiene efectos poderosos sobre la retención durante períodos de tiempo sustanciales, de modo que mejora el aprendizaje inicial y ralentiza el olvido en varias situaciones diferentes<sup>41-44</sup> (figura 2). Como resumen de los resultados principales, se ha demostrado que ensayar repetidamente un mismo material en la misma sesión de estudio no tendrá efectos duraderos e incluso puede afectar negativamente al aprendizaje. Por el contrario, recuperar el material de estudio en diferentes días y de diferentes formas producirá resultados positivos a largo plazo. Además, a medida que aumenta la práctica, la información seguirá siendo accesible a través de espacios de tiempo más largos y las repeticiones posteriores requerirán mucho menos esfuerzo. Por lo tanto, una vez que se adquiere la información, debe revisarse en intervalos

crecientes de tiempo, comenzando con días y semanas para luego extenderse a meses e, idealmente, años<sup>45</sup> (que es la idea que inspira los currículos en espiral).

No es el objetivo de este trabajo discutir en profundidad los diferentes mecanismos propuestos para la práctica de consolidación y recuperación de la memoria<sup>46</sup>, sino los efectos del estrés en el aprendizaje debido a los diferentes métodos de examen. Sin embargo, todos los datos proporcionados pueden ser útiles para comprender los efectos del estrés debido a los exámenes, dando un contexto más amplio a este artículo. Como se mencionó anteriormente, los eventos estresantes son comunes en los entornos educativos, lo que incluye los exámenes, las evaluaciones y los plazos de entrega de trabajos, entre otros aspectos.

### Efectos del estrés en la memoria y el aprendizaje: el papel de los exámenes

Si una situación se percibe como estresante, se pone en marcha una cascada bien descrita de cambios fisiológicos y endocrinos para restablecer la homeostasis y promover el bienestar a largo plazo<sup>47</sup>. Aunque la respuesta al estrés es muy compleja, con numerosos mediadores involucrados, existen dos sistemas de estrés principales que son críticos para la modu-

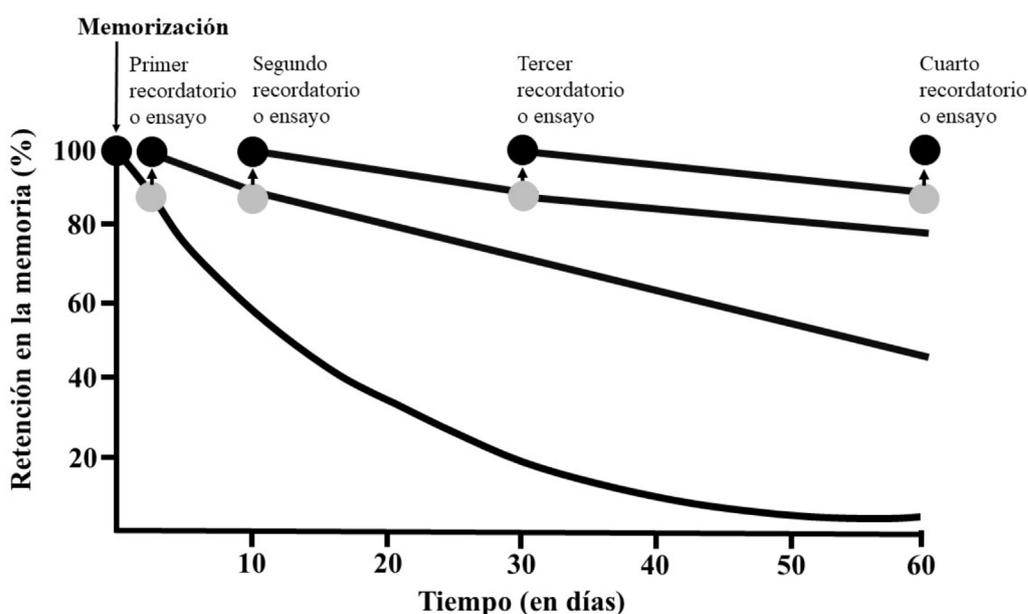


Figura 2. Idealización del efecto de espaciar la recuperación de conocimientos para ralentizar y disminuir el olvido. Modificado de<sup>40</sup>

lación de los procesos de aprendizaje y memoria: el sistema nervioso autónomo, de activación rápida, y el eje hipotálamo-pituitario-adrenal, más lento. En segundos, se activa el sistema nervioso autónomo, lo que lleva a la liberación de catecolaminas como la noradrenalina, tanto de la médula suprarrenal como del locus coeruleus en el cerebro<sup>47</sup>. Las catecolaminas preparan el cuerpo para respuestas de "lucha o huida" y afectan rápidamente al funcionamiento neuronal en varias regiones del cerebro que son cruciales para el aprendizaje y la memoria, como el hipocampo, la amígdala y la corteza prefrontal<sup>48,49</sup>.

Un segundo sistema también se activa en respuesta al estrés, el eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal, unos 10 segundos más tarde que el sistema nervioso autónomo, lo que resulta en la liberación de corticosteroides como el cortisol de la corteza suprarrenal<sup>47</sup> (la corteza suprarrenal comprende la capa externa de las glándulas suprarrenales, que se encuentran por encima de los riñones). En este contexto, se ha demostrado que los glucocorticoides como el cortisol pueden inducir a la mejora de la memoria o, por el contrario, perjudicarla, dependiendo en gran medida de la proximidad temporal entre el evento estresante y el proceso de memoria investigado<sup>50,51</sup>. Por ejemplo, el estrés experimentado justo antes de la recuperación de la memoria, cuando los niveles de catecolaminas aún son altos y los niveles de cortisol aún no son elevados, puede tener efectos muy diferentes a los del estrés experimentado 90 minutos antes de la recuperación, cuando los niveles de catecolaminas han vuelto a los valores iniciales y las acciones del cortisol están en funcionamiento<sup>51-54</sup>. En este sentido, la memoria declarativa, es decir, la memoria de hechos, sucesos y significado de palabras, que es el tipo de memoria más estudiado sobre el que influyen los glucocorticoides, puede verse afectada tanto positivamente consolidándose como negativamente, por la alteración del cortisol. Estos efectos contradictorios dependen del tipo de receptor de cortisol, la dosis, el tiempo de exposición, el componente de memoria y la prominencia de los estímulos, siendo generalmente la recuperación la más afectada y el almacenamiento facilitado, especialmente para eventos emocionalmente relevantes. Curiosamente, los glucocorticoides también inducen a la atrofia del hipocampo, especialmente en condiciones de estrés crónico agudo, que pueden afectar al almacenamiento de la memoria a largo plazo.

De manera similar, las distintas etapas de la memoria, como la codificación, la consolidación o la recuperación, pueden verse afectadas de forma diferente por estos cambios fisiológicos en función del tiempo que haya transcurrido después de un encuentro estresante, y también en anticipación de un encuentro estresante<sup>51,55</sup>. En este sentido, se ha demostrado que la exposición a un estrés puntual leve o moderado (véase la discusión a continuación sobre la ambigüedad de la palabra *estrés*) puede resultar en un mejor desempeño de la memoria durante la fase de consolidación, pero contrariamente reduce el desempeño de la memoria durante la recuperación, lo cual es importante tener en cuenta, puesto que es el caso de la mayoría de los exámenes. Los factores estresantes agudos perjudican tanto la consolidación como la recuperación. Estos efectos de mejora y deterioro de la memoria están estrechamente relacionados con el cortisol inducido por el estrés y la actividad del sistema nervioso autónomo simpático<sup>55</sup>.

La palabra *estrés* puede ser, en cierto modo, ambigua. Una forma de reducir la ambigüedad es clasificar el estrés en tres categorías, a saber: estrés bueno, estrés tolerable y estrés tóxico<sup>56</sup>. El "estrés bueno" se refiere a la experiencia de afrontar un desafío, asumir un riesgo y sentirse recompensado por un resultado a menudo positivo. Incluso los resultados adversos pueden funcionar como experiencias de crecimiento para las personas con una autoestima saludable y un buen control de los impulsos y capacidad de toma de decisiones, unas funciones cognitivas que forman parte de las llamadas funciones ejecutivas. El "estrés tolerable", a su vez, se refiere a situaciones en las que ocurren eventos negativos, pero la persona con una arquitectura cerebral saludable es capaz de afrontarlos, a menudo con la ayuda de familiares, amigos u otras personas que le brindan apoyo. Finalmente, el "estrés tóxico" se refiere a situaciones en las que los eventos negativos, las adversidades o los traumas son experimentados por un individuo que generalmente tiene un apoyo limitado y puede tener una arquitectura cerebral que refleja los efectos de sucesos adversos en edades tempranas que han afectado el desarrollo del control de los impulsos y la adquisición de una autoestima adecuada<sup>57</sup>. En otras palabras, los factores estresantes buenos o incluso tolerables que generan un estrés puntual de leve a moderado contribuyen a la consolidación de la memoria durante la fase de consolidación, pero pue-

den reducir el rendimiento de la memoria durante la recuperación, mientras que el estrés tóxico (agudo) deteriora ambos procesos, lo que se puede producir en la mayoría de los exámenes.

Además de esta información general, cabe señalar la existencia de diferencias individuales en características de temperamento que son relevantes para la aparición del estrés en la primera infancia y la adolescencia<sup>1,58,59</sup>. Así, por ejemplo, la manifestación de comportamientos de tipo inhibitorio como el retraimiento temeroso ante personas desconocidas, las manifestaciones de timidez, etcétera, y las inhibiciones conductuales asociadas, como retraimiento y miedo en situaciones nuevas o desconocidas, se relacionan consistentemente con más ansiedad severa en la niñez tardía, particularmente en lo relativo a ansiedad social<sup>60,61</sup>. También se han establecido asociaciones entre el temperamento de tipo inhibido por la timidez y las conductas de internalización posterior<sup>59,62</sup>. De manera similar, se ha sugerido que las características de reactividad negativa como la ira, la angustia por las limitaciones, el mal humor o la irritabilidad durante la infancia están fuertemente asociadas con el desarrollo posterior de conductas internalizantes más amplias y con síntomas de ansiedad posteriores<sup>63,64</sup>. Además, la capacidad de resiliencia individual para manejar tanto la ansiedad como el estrés también es crucial para las diferencias interindividuales, por lo que los exámenes también pueden usarse para reforzar este proceso y permitir una adaptación positiva en un contexto de adversidad significativa.

Más allá de los aspectos neuronales, fisiológicos y moleculares específicos de los efectos del estrés en el aprendizaje y la memoria, lo más significativo

de este informe es el efecto de las situaciones estresantes que pueden ocurrir durante los exámenes sobre el rendimiento del aprendizaje y la memoria. Se ha demostrado que el estrés en el momento del aprendizaje mejora la memoria, pero el estrés producido mucho antes del aprendizaje o en un contexto claramente diferente no solo no promueve un nuevo aprendizaje, sino que incluso dificulta la codificación exitosa de nueva información<sup>65</sup> (figura 3). Por ejemplo, mientras que el estrés moderado inmediatamente antes del aprendizaje mejora la consolidación posterior de la memoria, esta se deteriora si el estrés se experimenta entre 1 hora y 30 minutos antes del aprendizaje<sup>66-68</sup>. A nivel molecular y celular, este deterioro del aprendizaje se ha asociado con una disminución de la excitabilidad neuronal en el hipocampo mucho después de la liberación de cortisol, como se ha demostrado en modelos animales<sup>69</sup>. Asimismo, poco después del aprendizaje, el estrés también mejora la consolidación de la memoria, un efecto que es más marcado cuando la emocionalidad es concomitante, lo que destaca la importante influencia de las emociones en el aprendizaje<sup>55,70,71</sup>.

Como se indicó anteriormente, los efectos del estrés en la memoria se extienden a la recuperación de lo aprendido, lo que incluye exámenes. Muchos estudios han demostrado que el estrés agudo (o estrés tóxico según la clasificación anterior) afecta a la recuperación de la memoria después de una situación estresante<sup>72-76</sup>. Curiosamente para el enfoque de este informe, este déficit de recuperación después del estrés se ha encontrado tanto en adultos como en niños, lo que destaca la relevancia de estos hallazgos para los entornos educativos<sup>73</sup>. Además, los efectos disruptivos del estrés en la re-

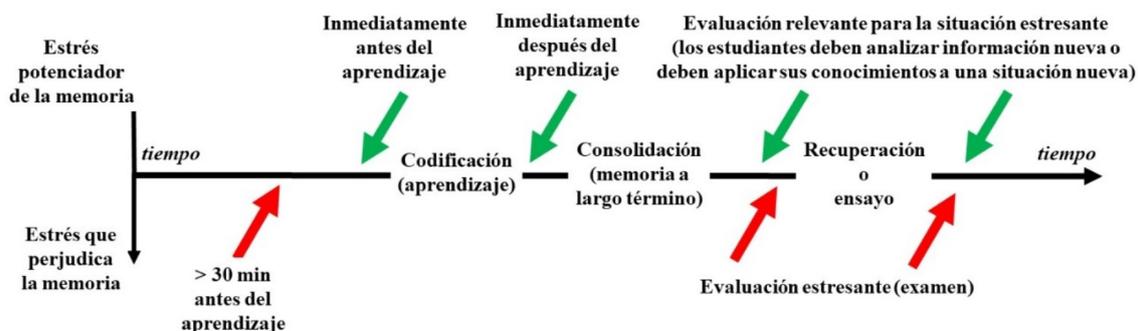


Figura 3. Los efectos del estrés en la memoria según la proximidad temporal y el proceso de memoria específico. Modificado de<sup>51</sup>

cuperación de la memoria son más fuertes en contextos emocionales, como, por ejemplo, después de experimentar estrés psicosocial<sup>77,78</sup>. El estrés psicosocial es el resultado de una valoración cognitiva que compara lo que está en juego y lo que se puede hacer al respecto, y puede definirse como un desequilibrio entre las demandas que se nos imponen y nuestra capacidad para gestionarlas. Sin embargo, de forma crucial para el tema que se aborda en este trabajo, si la prueba que precisa la recuperación de memorias, es decir, el examen o la evaluación, es relevante para la situación estresante o bien si se utiliza un contexto para la recuperación de la memoria, esto es, hay un contexto que sirve como una señal de recuperación, los recuerdos de lo aprendido de salvan de los efectos dañinos del estrés<sup>53,79</sup>. Cabe señalar que, en este sentido, el "contexto" no se refiere al aprendizaje dependiente del contexto, sino a transferir conocimientos a una nueva situación contextual. Este punto enfatiza la importancia de los métodos de evaluación que no interrumpen el aprendizaje previo, sino que contribuyan a su crecimiento y consolidación, como cuando los estudiantes deben analizar información novedosa relevante para el examen y aplicar el conocimiento previo a esta situación novedosa (**figura 3**; ver el **anexo** para un ejemplo). Desde un punto de vista educativo, esto se puede lograr más fácilmente con algunas formas de examen que con otras, por ejemplo, mediante la redacción de ensayos en exámenes escritos, o con exámenes a libro abierto, para llevar a casa, orales, redacción de informes, etc.

La integración de nueva información en los recuerdos existentes es un proceso clave en la educación, que a menudo implica cierta interrupción. Además, existen evidencias de que los recuerdos consolidados vuelven a un estado lábil cuando se reactivan, como ocurre durante un examen, lo que requiere de una reestabilización posterior de esos recuerdos en un proceso llamado reconsolidación<sup>52,80,81</sup>. Durante la reconsolidación, un proceso que involucra al hipocampo<sup>52</sup> y la corteza prefrontal<sup>82</sup>, la memoria reactivada puede debilitarse, fortalecerse o alterarse<sup>52</sup>. Diversos estudios apoyan la hipótesis de que el estrés puede afectar a la reconsolidación y a la actualización de la memoria, pero las condiciones específicas que conducen a los efectos de deterioro o alternativamente de mejora del estrés en la reconsolidación aún están bajo investigación<sup>83-85</sup>.

En cuanto a la calidad del aprendizaje, los experimentos, realizados en su mayoría con roedores, indican que bajo estrés se aprenden asociaciones más rígidas de estímulo-respuesta, en lugar de representaciones complejas del entorno<sup>86-88</sup>. De esta manera, se ha sugerido que el estrés puede afectar no solo la cantidad de información que se aprende, sino que también puede tener consecuencias considerables para la naturaleza y la flexibilidad de los recuerdos y los comportamientos dirigidos a objetivos<sup>51</sup>, que son el núcleo de las funciones ejecutivas. Las funciones ejecutivas son un conjunto de procesos cognitivos necesarios para el control cognitivo de la conducta, es decir, para seleccionar y monitorear con éxito conductas que faciliten la consecución de las metas elegidas, lo que a su vez debería ser un componente esencial en los sistemas educativos.

Las funciones ejecutivas básicas, como la memoria de trabajo, la inhibición y la flexibilidad cognitiva, son parte integral de la vida diaria y de las conductas dirigidas a objetivos. Un creciente número de investigaciones ha sugerido que el estrés también puede afectar a las funciones ejecutivas básicas, que son cruciales para el aprendizaje en general y para el aprendizaje dirigido a objetivos. Por ejemplo, se ha descrito que el estrés deteriora la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva<sup>9,51</sup>, que son fundamentales para algunas otras habilidades y destrezas que son cruciales en educación, como la toma de decisiones, la planificación y la imaginación<sup>89</sup>, dependiendo de cómo maduren durante la niñez y la adolescencia<sup>90</sup>. En este sentido, se puede plantear la hipótesis de que el tipo de exámenes y la forma en que son percibidos por los estudiantes desempeñan un papel fundamental para contribuir al desarrollo de estas funciones tan relevantes.

## Conclusiones

La evaluación es inseparable de la práctica docente y afecta tanto a la forma en que aprenden los estudiantes como la manera en que enseñan los profesores. En consecuencia, se ha considerado que, para mejorar el aprendizaje, los exámenes y las evaluaciones deben ser analizados críticamente<sup>90</sup>. Más allá de los conocimientos conceptuales, para favorecer procesos cognitivos como los que intervienen en las funciones ejecutivas, los exámenes deben permitir la movilización de procesos cognitivos como

la comprensión, la descripción, la representación, la resolución, el razonamiento, la reflexión y la comunicación<sup>91</sup>. Esto incluye fortalecer el carácter de retroalimentación de los exámenes<sup>92</sup>. Además, las situaciones estresantes, que son bastante comunes tanto durante la realización de los exámenes como durante su preparación, también pueden afectar al proceso de aprendizaje y a la formación de la memoria, lo que deteriora algunos aspectos de la recuperación y consolidación de la memoria. Sin embargo, cuando el examen se combina con la adquisición de nuevos aprendizajes y conocimientos que se perciben como relevantes para la situación estresante, o cuando el aprendizaje y las pruebas tienen lugar en el mismo contexto, la memoria se salva de los efectos dañinos del estrés<sup>53,79</sup> y permite que este pueda contribuir a consolidar la memoria y a desarrollar las

funciones ejecutivas, lo cual hace más eficiente el proceso de aprendizaje.

En conjunto, los datos mencionados en este informe enfatizan la importancia de los métodos de evaluación que no perjudican el aprendizaje previo, sino que contribuyen a su crecimiento y consolidación. Así, desde un punto de vista educativo, las metodologías utilizadas durante los exámenes deben seleccionarse cuidadosamente para cumplir con los roles principales de las evaluaciones, es decir, han de servir como verificación de que un estudiante está calificado y como una herramienta educativa para mejorar el proceso de aprendizaje. Para ello, se necesitan enfoques novedosos e investigación tanto educativa como científica en neurociencia para acercar estas ideas a las necesidades educativas de cada comunidad, teniendo en cuenta sus recursos.

## Anexo

Ejemplo de dos exámenes de biología que utilizan diferentes metodologías. Uno de ellos (**ejemplo 1**) se centra principalmente en el conocimiento fáctico conceptual, mientras que el otro (**ejemplo 2**) se enfoca más en habilidades y destrezas. Han sido extraídos de los exámenes de acceso a la universidad de diferentes comunidades autónomas de España. Ambos

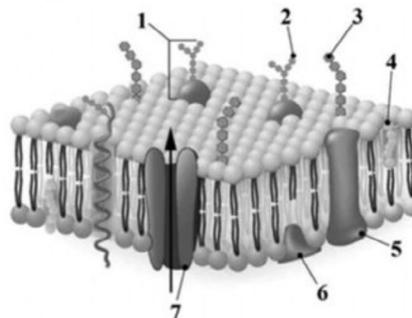
son de acceso abierto y se utilizaron en junio/julio de 2020. La política educativa actual en España permite la descentralización de los exámenes de acceso a la universidad, que son elaborados por diferentes equipos de profesionales. El autor de este informe ha sido coordinador del examen de biología de acceso a la universidad en Cataluña durante los últimos 14 años.

### 1. Conteste a las siguientes preguntas:

- ¿Cuándo se dice que un carbono es asimétrico? y ¿A qué da lugar la existencia de un carbono asimétrico? (0,7)
- ¿Cuáles son los carbonos asimétricos en la D-glucosa? ¿Cuál es el carbono que determina las configuraciones D y L cuando hay más de un carbono asimétrico? (0,6)
- Escriba y explique brevemente las principales funciones de los glúcidos. (0,7)

### 2. Observe la siguiente imagen:

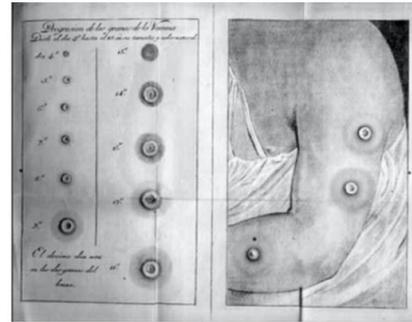
- ¿Qué tipo de estructura representa? ¿Cuáles son sus funciones? (1,0)
- Nombre cada uno de los componentes señalados con un número. (0,5)
- Explique qué es la exocitosis y la endocitosis. (0,5)



**Ejemplo 1.** Examen escrito, preguntas de respuesta corta diseñadas principalmente para evaluar el conocimiento de hechos y conceptos. También incluye la interpretación de una imagen.

### Ejercicio 1

A principios del siglo XIX, todos los intentos de llevar la vacuna de la viruela a América habían fracasado. El viaje era demasiado largo y llegaba inservible. El médico Francisco Javier Balmis hizo una propuesta sorprendente: trasladar la vacuna inoculada en personas. El 30 de noviembre de 1803 la corbeta *María Pita* partió de La Coruña con 22 niños procedentes de orfanatos. Eran los «niños vacuníferos» de la Real Expedición Filantrópica de la Vacuna (1803-1806).



Láminas de Francisco Javier Balmis donde se ven las vesículas de pus producidas por la vacuna.

FUENTE: <https://culturacientifica.com/2014/02/24/el-caso-de-los-ninos-vacuniferos>.

- El procedimiento consistió en ir inoculando escalonadamente la vacuna de un niño a otro hasta el final del viaje. Al primer niño de la cadena le había sido inoculado el contenido de las vesículas que desarrollan las vacas que tienen la enfermedad de la viruela. Esta enfermedad de las vacas, cuando afectaba a los humanos solo ocasionaba unas pocas vesículas. No hacía peligrar la vida y proporcionaba protección contra la viruela humana.

Redacte un texto similar al del párrafo anterior utilizando los siguientes cinco términos: *antígenos*, *anticuerpos*, *inmunización*, *virus de la viruela de las vacas* y *virus de la viruela humana*.

[1 punto]

- A los ocho días de la inoculación del contenido de las vesículas, al primer niño vacunado le aparecieron unas vesículas llenas de virus que sirvieron para vacunar al siguiente niño, y así, sucesivamente.

[1 punto]

- Con relación a la respuesta inmunitaria de los niños a los que se inyectaba el líquido de las vesículas, complete la siguiente tabla:

Tipo de inmunización: activa <input type="checkbox"/> / pasiva <input type="checkbox"/>
Justificación:

- En relación con la procedencia de los antígenos, complete la tabla siguiente:

Tipo de inmunización: natural <input type="checkbox"/> / artificial <input type="checkbox"/>
Justificación:

- Para seleccionar a los niños, Balmis impuso la condición de que no podían haber sufrido la viruela ni haber sido vacunados previamente. Desde el punto de vista de la respuesta inmunitaria primaria o secundaria: ¿habría funcionado la transmisión de la vacuna si no se hubiera cumplido esa condición en alguno de los niños? Justifique la respuesta haciendo referencia a estos dos tipos de respuesta inmunitaria.

[1 punto]

**Ejemplo 2.** Examen escrito, una pregunta de ensayo que en su redactado proporciona información novedosa a los estudiantes, diseñada principalmente para evaluar habilidades y destrezas y para aprovechar la situación estresante para consolidar el aprendizaje (es decir, el contexto sirve como una pista de recuperación y brinda información previamente desconocida a los estudiantes).

## Referencias

- McLean MA, Cobham VE, Simcock G, Kildea S, King S. Toddler temperament mediates the effect of prenatal maternal stress on childhood anxiety symptomatology: The QF2011 Queensland Flood Study. *Int J Environ Res Public Health* 2019; 16(11): 1998.
- van den Broek SEG, Takashima A, Verhoeven L. Do testing effects change over time? Insights from immediate and delayed retrieval speed. *Memory* 2014; 22(7): 803-812.
- van den Broek SEG, Takashima A, Wiklund-Hörnqvist C, Wirebring LK, Segers E, Verhoeven L, Nybergbd, L. Neurocognitive mechanisms of the "testing effect": A review. *Trends Neurosci Educ*. 2016; 5(2): 52-66.
- Scouller K. The influence of assessment method on students' learning approaches: Multiple choice question examination versus assignment essay. *Higher Education* 1998; 35: 453-472.
- Prieto-Barrio MI, Cobo-Escamilla A, González-García MN, Moreno-Fernández E, de la Rosa-García P. Influence of Assessment in the Teaching-learning Process in the Higher Education. *Procedia Soc Behav Sci*. 2015; 176: 458-465.
- Joëls M, Pu Z, Wiegert O, Oitzl MS, & Krugers HJ. Learning under stress: how does it work? *Trends Cogn Sci*. 2006; 10(4): 15215-15218.
- Schwabe L, Joëls M, Roozendaal B, Wolf OT, Oitzl MS. Stress effects on memory: an update and integration. *Neurosci Biobehav Rev*. 2012; 36(7): 1740-1749
- Pitman RK, Rasmusson AM, Koenen KC, Shin LM, Orr SP, Gilbertson MW, Milad MR, Liberzon I. Biological studies of post-traumatic stress disorder. *Nat Rev Neurosci*. 2012; 13(11): 769-787.
- Shields GS, Sazma MA, Yonelinas AP. The effects of acute stress on core executive functions: A meta-analysis and comparison with cortisol. *Neurosci Biobehav Rev*. 2016; 68: 651-668.
- Igazság B, Demetrovics Z, Cserjési R. The developmental trajectory of executive functions and their stress sensitivity in adolescence. *Psychiatr Hung*. 2019; 34(3):300-310.
- Joëls M, Fernandez G, Roozendaal B. Stress and emotional memory: a matter of timing. *Trends Cogn Sci*. 2011; 15(6): 280-288.
- Scouller KM, Prosser M. Students' experiences in studying for multiple choice question examinations. *Stud High Educ*. 1994; 19: 267-279.
- Boud D. Assessment and Learning: Contradictory or Complementary? In: *Assessment for Learning in Higher Education*, pp 35-48. London: Routledge Falmer; 1998.
- UNESCO Profiles Enhancing Educational Reviews (PEER). 2020; <http://education-profiles.org/>
- Wyse D, Hayward L, Pandya J. (Ed.). *The SAGE Handbook of Curriculum, Pedagogy and Assessment*. Los Angeles: SAGE Publishing; 2016.
- Bird CM, Keidel JL, Ing LP, Horner AJ, Burgess N. Consolidation of complex events via reinstatement in posterior cingulate cortex. *J Neurosci*. 2015; 35(43): 14426-14434.
- Johnson BE. The Effect of Written Examinations on Learning and on the Retention of Learning. *J Exp Educ*. 1938; 7(1): 55-62.
- Haggis T. Constructing images of ourselves? A critical investigation into 'Approaches to learning' research in higher education. *Br Educ Res J*. 2003; 29(1): 89-104.
- Biggs JB, Tang C. *Teaching for quality learning at university* (4th ed.). Berkshire: Open University Press; 2011.
- Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, Wenderoth MP. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. *Proc Natl Acad Sci USA*. 2014; 111(23): 8410-8415.
- Dolmans DHJM, Loyens SMM, Marcq H, Gijbels D. Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Adv Health Sci Edu. Theory Pract*. 2016; 21(5): 1087-1112.
- Pan Y. A review of washback and its pedagogical implications. *VNU Journal of Science, Foreign Languages*, 2009; 25: 257-263.
- Lusk M, Conklin L. Collaborative testing to promote learning. *J Nurs Educ*. 2003; 42(3): 121-124.
- Shen J, Hiltz SR, Bieber M. Collaborative online examinations: Impacts on interaction, learning, and student satisfaction. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans* 2007; 36(6): 1045-1053.
- Cantwell ER, Sousou J, Jadotte YT, Pierce J, Akiyamen LE Collaborative testing for improving student learning outcomes and test-taking performance in higher education: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews* 2017; 13(1): 1-18.
- Global Education Monitoring Report Team. *Global education monitoring report, 2020: Inclusion and education: all means all*. Paris: UNESCO; 2020.
- Lechner HA, Squire LR, Byrne JH. 100 years of consolidation—Remembering Müller and Pilzecker. *Learn Mem*. 1999; 2: 77-87.
- Dudai Y. The restless engram: Consolidations never end. *Ann Rev Neurosci*. 2012; 35: 227-247.
- Squire LR, Genzel L, Wixted JT, Morris RG. Memory Consolidation. *Cold Spring Harb Perspect Biol*. 2015; 7(8): a021766.
- Dudai Y, Morris RGM. To consolidate or not to consolidate: What are the questions? In: *Brain, perception, memory advances in cognitive sciences* (ed. Bulhuis J.J.), pp. 149-162. Oxford: Oxford University Press; 2020.
- Nader K, Schafe GE, Le Doux JE. Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature* 2002; 406(6797): 722-726.
- Sara SJ. Retrieval and reconsolidation: Toward a neurobiology of remembering. *Learn Mem*. 2000; 7: 73-84.
- Alberini CM. Mechanisms of memory stabilization: Are consolidation and reconsolidation similar or distinct processes? *Trends Neurosci*. 2005; 28: 51-56.
- Dudai Y, Morris RGM. Memorable trends. *Neuron* 2013; 80: 742-750.
- Schacter DL, Dodson CS. Misattribution, false recognition and the sins of memory. *Philos Trans R Soc London B Biol Sci*. 2001; 356: 1385-1393.
- Rowland CA. The effect of testing versus restudy on reten-

- tion: a meta-analytic review of the testing effect. *Psychol Bull.* 2014; 140(6): 1432-1463.
37. Adesope OO, Trevisan DA, Sundararajan N. Rethinking the Use of Tests: A Meta-Analysis of Practice Testing. *Rev Educ Res.* 2017; 87(3): 659-701.
  38. Latimier A, Peyre H, Ramus F. A meta-analytic review of the benefit of spacing out retrieval practice episodes on retention. *Educ Psychoil Res.* 2020.
  39. Latimier A, Rierget A, Ly S, Ramus F. Retrieval practice promotes long-term retention irrespective of the placement. *PsyArXiv.* 2020; dk63q.
  40. Ebbinghaus H. *Memory: A contribution to experimental psychology.* New York: Dover; 1885.
  41. Newble DI, Jaeger K. (The effect of assessments and examinations on the learning of medical students. *Med Educ.* 1983; 17(3): 165-171.
  42. Loftus GR. Evaluating forgetting curves. *J Exp Psychol Learn Mem Cogn.* 1985; 11(2): 397-406.
  43. Pashler H, Rohrer D, Cepeda NJ, Carpenter SK. Enhancing learning and retarding forgetting: choices and consequences. *Psychon Bull Rev.* 2007; 14(2): 187-193.
  44. Cepeda NJ, Vul E, Rohrer D, Wixted JT, Pashler H. Spacing effects in learning: a temporal ridgeline of optimal retention. *Psychol Sci.* 2008; 19(11): 1095-1102.
  45. Brown PC, Roediger HL, McDaniel MA. *Make It Stick. The Science of Successful Learning.* Harvard: Harvard University Press, 2014.
  46. Reisberg D (ed.). *The Oxford Handbook of Cognitive Psychology.* Oxford: Oxford University Press; 2013.
  47. Joëls M, Baram TZ. The neuro-symphony of stress. *Nat Rev Neurosci.* 2009; 10: 459-466.
  48. Katsuki H, Izumi Y, Zorumski CF. Noradrenergic regulation of synaptic plasticity in the hippocampal CA1 region. *J Neurophysiol.* 1997; 77: 3013-3020.
  49. Arnsten AFT. Stress signalling pathways that impair prefrontal cortex structure and function. *Nat Rev Neurosci.* 2009; 10: 410-422.
  50. Roozendaal B. Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiol Learn Mem.* 2002; 78(3): 578-595.
  51. Vogel S, Schwabe L. Learning and memory under stress: implications for the classroom. *NPJ Sci Learn.* 2016; 1: 16011.
  52. Schwabe L, Nader K, Pruessner JC. Reconsolidation of human memory: brain mechanisms and clinical relevance. *Biol Psychiatry* 2014; 76: 274-280.
  53. Schönfeld P, Ackermann K, Schwabe L. Remembering under stress: different roles of autonomic arousal and glucocorticoids in memory retrieval. *Psychoneuroendocrinology* 2014; 39: 249-256.
  54. Wang B, Bukuan S. Timing matters: negative emotion elicited 5 min but not 30 min or 45 min after learning enhances consolidation of internal-monitoring source memory. *Acta Psychol.* 2015; 157: 56-64.
  55. Smeets T, Otgaar H, Candel I, Wolf OT. True or false? Memory is differentially affected by stress-induced cortisol elevations and sympathetic activity at consolidation and retrieval. *Psychoneuroendocrinology* 2008; 33(10): 1378-1386.
  56. McEwan BS. In pursuit of resilience: stress, epigenetics, and brain plasticity. *Ann NY Acad Sci.* 2016; 1373: 56-64.
  57. Lazarus R, Folkman S. *Stress, Appraisal and Coping.* New York: Springer-Verlag; 1984.
  58. Forbes MK, Rapee RM, Camberis AL, McMahon CA. Unique associations between childhood temperament characteristics and subsequent psychopathology symptom trajectories from childhood to early adolescence. *J Abnor. Child Psychol.* 2017; 45: 1221-1233.
  59. Bayer JK, Morgan A, Prendergast LA, Beatson R, Gilbertson T, Bretherton L, Hiscock H, Rapee RM. Predicting Temperamentally Inhibited Young Children's Clinical-Level Anxiety and Internalizing Problems from Parenting and Parent Wellbeing: A Population Study. *J Abnorm Child Psychol.* 2019; 47: 1165-1181
  60. Edwards SL, Rapee RM, Kennedy S. Prediction of anxiety symptoms in preschool-aged children: Examination of maternal and paternal perspectives. *J. Child Psychol Psychiatry.* 2010; 51: 313-321.
  61. Clauss JA, Blackford JU. Behavioral inhibition and risk for developing social anxiety disorder: A meta-analytic study. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2012; 51: 10661075.
  62. Abulizi X, Pryor L, Michel G, Melchior M, van der Waerden J. Temperament in infancy and behavioral and emotional problems at age 5.5: The EDEN mother-child cohort. *PLoS ONE.* 2017; 12:e0171971.
  63. Savage J, Verhulst B, Copeland W, Althoff RR, Lichtenstein P, Roberson-Nay R. A genetically informed study of the longitudinal relation between irritability and anxious/depressed symptoms. *J Am Acad Child Adolesc Psychiatry.* 2015; 54: 377-384.
  64. Humphreys KL, Schouboe SNF, Kircanski K, Leibenluft E, Stringaris A, Gotlib IH. Irritability, Externalizing, and Internalizing Psychopathology in Adolescence: Cross-Sectional and Longitudinal Associations and Moderation by Sex. *J Clin Child Adolesc Psychol.* 2019; 48(5): 781-789.
  65. de Quervain, DJF, Roozendaal B, Nitsch RM, McGaugh JL, Hock C. Acute cortisone administration impairs retrieval of long-term declarative memory in humans. *Nat Neurosci.* 2000; 3: 313-314.
  66. Henckens M, van Wingen GA, Joëls M, Fernandez G. Time-dependent effects of corticosteroids on human amygdala processing. *J Neurosci.* 2010; 30: 12725-12732.
  67. Zoladz PR, Clark B, Warnecke A, Smith L, Tabar J, Talbot JN. Pre-learning stress differentially affects long-term memory for emotional words, depending on temporal proximity to the learning experience. *Physiol Behav.* 2011; 103: 467-476.
  68. Henckens MJ, Pu Z, Hermans EJ, van Wingen GA, Joëls M, Fernández G. Dynamically changing effects of corticosteroids on human hippocampal and prefrontal processing. *Hum Brain Mapp.* 2012; 33: 2885-2897.
  69. Wiegert O, Joëls M, Krugers H. Timing is essential for rapid effects of corticosterone on synaptic potentiation in the mouse hippocampus. *Learn Mem.* 2006; 13: 110-113.
  70. Cahill L, Gorski L, Le K. Enhanced human memory consolidation with postlearning stress: Interaction with the degree of arousal at encoding. *Learn Mem.* 2003; 10: 270-274.

71. Beckner VE, Tucker DM, Delville Y, Mohr DC. Stress facilitates consolidation of verbal memory for a film but does not affect retrieval. *Behav Neurosci*. 2006; 120: 518-527.
72. Buchanan TW, Tranel D, Adolphs R. Impaired memory retrieval correlates with individual differences in cortisol response but not autonomic response. *Learn Mem*. 2006; 13: 382-387.
73. Quesada AA, Wiemers US, Schoofs D, Wolf OT. Psychosocial stress exposure impairs memory retrieval in children. *Psychoneuroendocrinology*. 2012; 37: 125-136.
74. Hupbach A, Fieman R. Moderate stress enhances immediate and delayed retrieval of educationally relevant material in healthy young men. *Behav Neurosci*. 2012; 126: 819-825.
75. Quaedflieg CW, Schwabe L, Meyer T, Smeets T. Time dependent effects of stress prior to encoding on event-related potentials and 24 h delayed retrieval. *Psychoneuroendocrinology*. 2013; 38: 3057-3069.
76. Schwabe L, Wolf O. Timing matters: temporal dynamics of stress effects on memory retrieval. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2014; 14: 1041-1048.
77. Kuhlmann S, Piel M, Wolf OT. Impaired memory retrieval after psychosocial stress in healthy young men. *J Neurosci*. 2005; 25: 2977-2982.
78. Smeets T, Giesbrecht T, Jelici M, Merckelbach H. Context-dependent enhancement of declarative memory performance following acute psychosocial stress. *Biol Psychol*. 2007; 76(1-2): 116-23.
79. Schwabe L, Wolf OT. The context counts: congruent learning and testing environments prevent memory retrieval impairment following stress. *Cogn Affect Behav Neurosci*. 2009; 9: 229-236.
80. Nader K, Hardt O. A single standard for memory: the case for reconsolidation. *Nat Rev Neurosci*. 2009; 10: 224-234.
81. Dudai Y. The restless engram: consolidations never end. *Annu Rev Neurosci*. 2012; 35: 227-247.
82. Sandrini M, Censor N, Mishoe J, Cohen L. Causal role of prefrontal cortex in strengthening of episodic memories through reconsolidation. *Curr Biol*. 2013; 23: 2181-2184.
83. Schwabe L, Wolf OT. Stress impairs the reconsolidation of autobiographical memories. *Neurobiol Learn Mem*. 2010; 94: 153-157.
84. Cocozzo V, Maldonado H, Delorenzi A. The enhancement of reconsolidation with a naturalistic mild stressor improves the expression of a declarative memory in humans. *Neuroscience*. 2011; 185: 61-72.
85. Bos MG, Schuijjer J, Lodestijn F, Beckers T, Kindt M. Stress enhances reconsolidation of declarative memory. *Psychoneuroendocrinology*. 2014; 46: 102-113.
86. Packard MG, Teather LA. Amygdala modulation of multiple memory systems: hippocampus and caudate-putamen. *Neurobiol Learn Mem*. 1998; 69: 163-203.
87. Packard MG, Wingard JC. Amygdala and 'emotional' modulation of the relative use of multiple memory systems. *Neurobiol Learn Mem*. 2004; 82: 243-252.
88. Wingard JC, Packard MG. The amygdala and emotional modulation of competition between cognitive and habit memory. *Behav Brain Res*. 2008; 193: 126-131.
89. Joo HR, Frank LM. The hippocampal sharp wave-ripple in memory retrieval for immediate use and consolidation. *Nat. Rev Neurosci*. 2018; 19: 744-757.
90. McDonald R. The use of evaluation to improve practice in learning and teaching. *Innovat Educ Teach Int*. 2006; 43(1): 3-13.
91. Gulikers J, Bastiaens TJ, Kirschner P. The five-dimensional framework for authentic assessment. *Educ Technol Res Dev*. 2004; 52(3): 67-86.
92. Nicol DJ, Macfarlane-Dick D. Formative assessment and self-regulated learning: a model and seven principles of good feedback practice. *Stud High Educ*. 2006; 31(2): 199-218.