European Public & Social Innovation Review

ISSN 2529-9824

Artículo de Investigación

Validación del Método "5L" de instrucción/aprendizaje de matemáticas

Validation of the "5L" Method of mathematics instruction/learning

Joaquim Valls Morató: Euncet Business School, España.
jvalls@euncet.com

Fecha de Recepción: 27/05/2024

Fecha de Aceptación: 19/08/2024

Fecha de Publicación: 27/08/2024

Cómo citar el artículo (APA 7ª):

Valls Morató, J. (2024). Validación del Método "5L" de instrucción/aprendizaje de matemáticas [Validation of "5L" Method of matematics instruction/learning]. *European Public & Social Innovation Review*, 9, 01-20. https://doi.org/10.31637/epsir-2024-580

Resumen:
Introducción: El objetivo de este estudio es mostrar con evidencias que el Método "5L" de instrucción/aprendizaje, mejora el rendimiento académico en matemáticas y comporta una experiencia de estudio satisfactoria. **Metodología:** La metodología empleada responde a un estudio de campo dirigido a una muestra de alumnos voluntarios de una población de estudiantes de la asignatura de Fundamentos de Matemáticas en los Grados de ADE y/o Márquetin y Comunicación Digital en Euncet Business School, a los que se pasaron semanalmente encuestas cerradas de satisfacción, basadas en una escala Lickert (del 1 –muy insatisfactorio- al 5 –muy satisfactorio-), y fueron sometidos a cuatro pruebas evaluativas, midiendo su rendimiento académico (notas de 0 a 100), frente a un grupo-control similar. **Resultados:** Los estudiantes que implementaron el Método "5L" obtuvieron notas significativamente mejores (87,09 vs. 59,65) y afirmaron haber tenido una experiencia de estudio satisfactoria (4,07). **Discusión:** deberían evitarse sesgos en la muestra valorando las eventuales diferencias en el nivel de motivación intrínseca. **Conclusiones:** el Método "5L" de instrucción/aprendizaje gestiona adecuadamente la carga cognitiva de las sesiones formativas según la doctrina neuroeducativa; mejora significativamente el rendimiento académico frente a los métodos de estudio tradicionales; y genera una experiencia de aprendizaje satisfactoria.

Palabras clave: materias numéricas; inconsciente cognitivo y emocional; memoria de trabajo; ansiedad matemática; carga cognitiva; instrucción matemática; aprendizaje de matemáticas; pilares del aprendizaje.

Abstract:
Introduction: The objective of this study is to show with evidence that the "5L" Method of instruction/learning improves academic performance in mathematics, and provides a satisfactory study experience. **Methodology:** The methodology used responds to a field study aimed at a sample of volunteer students from a population of students of the subject of Fundamentals of Mathematics in the Degrees of Business Administration and/or Marketing and Digital Communication at Euncet Business School, to whom Closed satisfaction surveys were completed weekly, based on a Likert scale (from 1 - very unsatisfactory - to 5 - very satisfactory -), and they were subjected to four evaluative tests, measuring their academic performance (grades from 0 to 100) against a similar control group. **Results:** Students who implemented the "5L" Method obtained significantly better grades (87,09 vs. 59,65) and they claimed to have had a satisfactory study experience (4,07). **Discussion:** biases in the sample should be avoided by assessing possible differences in the level of intrinsic motivation. Conclusions: the "5L" Method of instruction/learning adequately manages the cognitive load of the training sessions according to neuroeducational doctrine; significantly improves academic performance compared to traditional study methods; and generates a satisfactory learning experience.

Keywords: numerical subjects; cognitive and emotional unconscious; work memory; math anxiety; cognitive load; mathematics instruction; mathematics learning; pillars of learning.

1. Introducción

> En todos los países, los estudiantes tienen fracasos en matemáticas y se encuentran muy desanimados con esta materia. […] En general, de las matemáticas se piensa que no son para ser estudiadas o para disfrutar de ellas, sino más bien para ser sufridas como una tortura necesaria para la mente (Bishop, 1988, p. 121).

Esta afirmación constata que muchas personas presentan un marco mental negativo hacia esta asignatura, lo que comporta sentimientos de aprensión, y suele derivar en una ansiedad severa (Ashcraft, 2002; Maloney y Beilock, 2012).

La ansiedad matemática (AM) es un fenómeno psicológico que afecta a muchos niños. Richardson y Suinn (1972) la definen como: "un sentimiento de tensión que interfiere con la manipulación de números y la resolución de problemas matemáticos en una amplia variedad de situaciones académicas y de la vida cotidiana" (p. 551).

Al diseñar un método de instrucción/aprendizaje de las matemáticas es taxativo considerar los tres efectos negativos más relevantes de la AM, para, en la medida de lo posible, minimizarlos y, a poder ser, revertirlos. Dichos efectos de la AM interfieren en:

- 1º. Rendimiento académico: La AM interfiere en la capacidad de los estudiantes para procesar información matemática, lo que causa a un bajo rendimiento (Ashcraft y Krause, 2007).

- 2.º Autoestima y motivación: Los niños con elevada AM a menudo desarrollan una baja autoestima académica y una disminución en la motivación para aprender materias numéricas, perpetuando un ciclo de evitación y bajo rendimiento (Beilock *et al.*, 2010).

- 3º. A largo plazo: La AM puede afectar las decisiones académicas y profesionales, limitando las opciones de carrera en campos como las matemáticas (Hembree, 1990).

Cabe advertir que, sorprendentemente, numerosas investigaciones muestran que la mayoría de los niños inician su educación formal con una predisposición positiva hacia esta asignatura (Moore y Ashcraft, 2012; Stevenson *et al.*, 1990). Sin embargo, se comprueba que, a medida que avanzan en sus estudios, un elevado porcentaje de alumnos desarrolla emociones negativas con respecto al aprendizaje de materias numéricas (Dowker, 2005).

Por otro lado, un método que aspire a soslayar esta emoción disfuncional debe tener presente el origen inconsciente de la misma, así como indagar en su fundamentación. Y, con esta finalidad, es oportuno llevar a cabo tres puntualizaciones:

- 1ª Nuestras preferencias, motivaciones o evaluaciones, se basan en la información del sistema inconsciente, aunque creamos que son conscientes (Bargh 2018).

- 2ª El escaso rendimiento en matemáticas a menudo se atribuye a una insuficiente predisposición innata para su aprendizaje, y se subestiman: la limitada memoria de trabajo (MT) o *working memory* (Alloway y Passolunghi, 2011); la capacidad restringida de atención ejecutiva (AE) (Millner *et al.*, 2012); la deficiente gestión de los docentes de la carga cognitiva (Valls, 2015); y las inadecuadas técnicas de estudio usadas por los estudiantes (Ruiz, 2020).

- 3ª Los esquemas emocionales se adquieren, o se modifican, mediante la educación (Greenberg *et al.*, 1996). Y ello es posible porque las estructuras subyacentes responsables de las experiencias subjetivas inconscientes se pueden transformar sustancialmente a través de procesos conscientes (Beck y Freeman, 1995).

Asimismo, diversos autores (Ruff y Boes, 2014; Chang y Beilock, 2016) aseveran que las actitudes, emociones y creencias de los profesores condicionan la manera como se presentan en la clase ante los estudiantes, ya que pueden transferirles sus miedos hacia las matemáticas. Los temores de los docentes se erigen en un componente clave en la constitución de actitudes negativas inconscientes de los alumnos (Oberle y Schonert-Reichl, 2016). Esto puede deberse a que muchos maestros han tenido experiencias desagradables con esta materia durante su formación, lo que puede generar AM al enseñarla (Gresham, 2009); o también a la falta de preparación adecuada, lo que puede contribuir al miedo a impartirla (Ball, *et al.*, 2008); e incluso a la presión para cumplir con los currículos establecidos y obtener buenos resultados en evaluaciones estandarizadas, especialmente si los maestros no se sienten suficientemente preparados (Stoehr, 2017).

Aparte del contagio de la AM a los estudiantes, existen, al menos, otros dos efectos negativos de la eventual ansiedad de los docentes de matemáticas:

- 1. Los maestros que experimentan miedo al enseñar matemáticas pueden evitar profundizar en temas complejos o usar métodos innovadores, lo que limita el aprendizaje de los estudiantes (Swars *et al.*, 2006).

- 2. La AM puede disminuir la autoeficacia y la motivación del maestro, afectando su compromiso y entusiasmo por enseñar matemáticas (Sloan, 2010).

2. Objetivos

- 1º. Averiguar si el Método de instrucción/aprendizaje "5L" mejora el rendimiento académico por su capacidad, por un lado, de favorecer la gestión de la AM de los alumnos en clase de forma adecuada; y, por el otro, por facilitar el estudio.

- 2º. Conocer si este Método exige un esfuerzo de estudio razonable y una experiencia subjetiva satisfactoria en el aprendizaje de las matemáticas.

3. Marco teórico

3.1. Memoria de trabajo, teoría de la carga cognitiva

La MT se define como un sistema de capacidad limitada que permite la manipulación temporal de información para tareas cognitivas complejas como la comprensión, el aprendizaje y el razonamiento (Baddeley y Hitch, 1974). Este sistema incluye varios componentes, como el ejecutivo central, la agenda visoespacial y el bucle fonológico, que desempeñan un papel específico en el procesamiento de información (Baddeley, 2000).

Las dificultades de aprendizaje, sobre todo en lectura y matemáticas, a menudo están asociadas con déficits en la MT. Diversos estudios han mostrado cómo los niños con trastornos del aprendizaje, por ejemplo, los afectados de dislexia o discalculia, presentan dificultades significativas en tareas que requieren el uso eficiente de la MT (Gathercole y Alloway, 2008), entre las que se encuentran:

- 1. Dificultades en la lectura: los déficits en la MT fonológica se han vinculado con dificultades en la lectura. La capacidad para retener y manipular sonidos del habla es fundamental para la decodificación de palabras y la comprensión lectora (Swanson y Jerman, 2007).

- 2. Dificultades en matemáticas: los problemas en la MT visoespacial y ejecutiva están relacionados con dificultades en la resolución de problemas matemáticos y la ejecución de operaciones aritméticas complejas (Geary, 2011).

La teoría de la carga cognitiva, desarrollada por el psicólogo cognitivo Sweller (1988), postula que, debido a la limitada capacidad de la MT, el aprendizaje se ve facilitado cuando se presentan la información y las tareas de manera que sean fáciles de procesar y comprender.

La carga cognitiva y la MT son conceptos fundamentales en la psicología cognitiva y tienen importantes implicaciones en el ámbito educativo y en el diseño de la instrucción. Sweller (1988), ha identificado tres tipos de cargas cognitivas:

- 1º Carga cognitiva *intrínseca*: está relacionada con la complejidad inherente del material que se está aprendiendo.

- 2º Carga cognitiva *extrínseca*: se refiere a la manera en que se presenta la información y puede ser modificada mediante un diseño instruccional efectivo.

- 3º Carga cognitiva *germinal*: es la que está directamente relacionada con el proceso de aprendizaje y la construcción de esquemas en la memoria de largo plazo.

La relación entre la carga cognitiva y la MT es esencial para entender cómo se procesa la información y cómo se puede optimizar el aprendizaje. Cuando aquella supera la capacidad de esta, el aprendizaje se ve comprometido. Por lo tanto, es fundamental diseñar materiales educativos que minimicen la carga cognitiva extrínseca y optimicen la carga cognitiva germinal (Paas y Van, 1994).

Considerando que la MT es el espacio mental donde se produce el aprendizaje (Gathercole y Alloway, 2008), esta memoria es la auténtica restricción para comprender aquellas actividades que requieren un proceso mental elevado (Dehaene, 2016). Por ello, para evitar que el aprendizaje acapare los limitados recursos de la AE del niño y la niña y le dificulte la concentración, es preciso automatizarlo (Dehaene, 2019). Las matemáticas, como ejemplo paradigmático de materia con una elevada carga cognitiva intrínseca, a menos que se secuencien de modo adecuado, pueden llegar a saturar la AE y la MT (Sweller *et al.*, 1998), pero no lo hacen de la misma manera en cada uno de los niños, ya que se dan diferencias significativas entre ellos (Alloway y Alloway, 2014). Esto explica que tan solo aquellos alumnos con una mayor capacidad de MT puedan atender y entender las explicaciones del docente de asignaturas numéricas.

3.2. Los cuatro pilares del aprendizaje

El aprendizaje es un proceso complejo que involucra múltiples sistemas cognitivos y neurales. A través de exhaustivas investigaciones, Stanislas Deahene (2019) ha identificado cuatro pilares fundamentales que sustentan el aprendizaje eficaz, a saber:

- 1º *Atención*: actúa como un filtro que selecciona la información relevante y excluye las distracciones. La atención mejora la actividad neural en las áreas sensoriales relevantes y facilita la transferencia de información a la MT (Posner y Petersen, 1990). Sin una atención adecuada, el aprendizaje se vuelve superficial y fragmentado.

- 2º *Compromiso activo*: se refiere a la participación del estudiante en el proceso de aprendizaje. Los métodos de aprendizaje activos involucran discusión, resolución de problemas y aplicación práctica (Chi, 2009), con lo que se promueve una comprensión más profunda.

- 3º *Retroalimentación*: le proporciona al aprendiz información sobre su desempeño. La retroalimentación efectiva debe ser específica, oportuna y constructiva (Hattie y Timperley, 2007). Este pilar permite a los estudiantes corregir errores y mejorar sus habilidades.

- 4º *Consolidación*: es el proceso mediante el cual la memoria se estabiliza y se integra en el conocimiento existente. Ocurre principalmente durante el sueño, cuando el cerebro reorganiza y refuerza las conexiones neuronales (Stickgold, 2005). La consolidación es imprescindible para convertir el aprendizaje de corto plazo en conocimiento de largo plazo.

3.3. El Método "5L" de instrucción/aprendizaje de las matemáticas

El Método "5L" propone mejorar durante las sesiones de clase la comprensión de los estudiantes sin saturar su MT ni su AE, evitando la consecuente AM, mediante la gestión de la carga cognitiva.

Para ello, en primer lugar, los ejercicios con algoritmos complejos, no se resolverán uno por uno por separado, sino que se llevarán a cabo simultáneamente, y, hasta que no se interiorice un determinado paso (liberando MT), no se saltará al siguiente. En segundo lugar, se acompañará a los estudiantes a descubrir regularidades sin tener que malgastar MT. En este sentido, el docente debe invertir tiempo en la confección de la colección de ejercicios para no dificultar la citada captación de regularidades por parte de los estudiantes, lo que, al saturar su MT, ralentiza y, en ocasiones, impide la adquisición de conocimientos. Sin embargo, ordenar la colección de ejercicios no basta cuando la resolución de estos exige algoritmos complejos, con muchos pasos distintos y algunos de comprensión exigente. De forma que, los estudiantes aprenden de forma más efectiva cuando los componentes del objeto de aprendizaje se trabajan temporalmente de modo aislado y se van combinando (Lovett, 2013) y practicando paulatinamente (Salden *et al.*, 2006). Es ahí donde aparece la estrategia de una secuenciación adecuada: memorizado un paso hasta automatizarlo y ser capaz de realizarlo sin necesidad de pensar, el alumno desocupa su MT, y ya está listo para aprender el siguiente.

Veamos un ejemplo: Pretendemos, en una sesión de una hora, enseñar a resolver ecuaciones de segundo grado:

$$ax^2 + bx + c = 0$$

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Propondremos 4 ejercicios:

1) $X^2+4x+3=0$ 2) $X^2+5x+4=0$ 3) $X^2+5x+6=0$ 4) $x^2+7x+12=0$

El instructor irá resolviendo secuencialmente los 3 primeros y conminará al estudiante a solucionar por su cuenta cada paso del cuarto. Una vez comprobado que se ha resuelto correctamente, se prosigue.

A) Identificamos coeficientes:

a=1	a=1	a=1
b=4	b=5	b=5
c=3	c=4	c=6

B) Empezamos a resolver las 3 primeras ecuaciones:

$$x = \frac{-4 \pm \sqrt{4^2 - 4\cdot 1\cdot 3}}{2\cdot 1} \qquad x = \frac{-5 \pm \sqrt{5^2 - 4\cdot 1\cdot 4}}{2\cdot 1} \qquad x = \frac{-5 \pm \sqrt{5^2 - 4\cdot 1\cdot 6}}{2\cdot 1}$$

C) Operamos de la siguiente manera:

$$x = \frac{-4 \pm \sqrt{16-12}}{2} \qquad x = \frac{-5 \pm \sqrt{5^2 - 4\cdot 1\cdot 4}}{2} \qquad x = \frac{-5 \pm \sqrt{25-24}}{2}$$

D) Volvemos a operar:

$$x = \frac{-4 \pm 2}{2} \qquad x = \frac{-5 \pm 3}{2} \qquad x = \frac{-5 \pm 1}{2}$$

E) Hallamos la 1ª solución (x_1):

$$x_1 = \frac{-4+2}{2} = -1 \qquad x_1 = \frac{-5+3}{2} = -1 \qquad x_1 = \frac{-5+1}{2} = -2$$

F) Hallamos la 2ª solución (x_2):

$$x_2 = \frac{-4-2}{2} = -3 \qquad x_2 = \frac{-5-3}{2} = -4 \qquad x_2 = \frac{-5-1}{2} = -3$$

A continuación, moviéndonos dentro de la Zona de Desarrollo Próximo, que es la distancia entre lo que un estudiante es capaz de hacer en solitario y lo que puede lograr bajo la supervisión del instructor (Vygotsky, 1978), preparamos 3 ejercicios más:

5) X^2-8x+7=0   6) 2X^2-10x+8=0   7) 3X^2-15x+18=0

En esta ocasión basta que el instructor resuelva las dos primeras ecuaciones, y que el alumno solucione la última.

Aprender matemáticas de manera efectiva requiere, además, una combinación de estrategias de instrucción/aprendizaje bien fundamentadas en la investigación educativa, ya que como constata Stanislas Dehaene (2019), la diferencia entre el genio matemático y cualquiera de nosotros radica en que el primero ha cultivado desde pequeño esta disciplina.

En primer lugar, es responsabilidad del docente mostrar su vocación por conseguir que los alumnos aprendan y también su propia pasión por lo que enseña. Asimismo, debe procurar aumentar las expectativas de eficacia (Bandura, 1997, 2018) y las de consecución (Carver y Scheier, 2001) de los alumnos, para que crean en su propia capacidad de aprendizaje y confíen en el método de instrucción/estudio propuesto. También, hay que ofrecerles oportunidades de éxito a corto plazo, por ejemplo, permitiéndoles resolver apartados por su cuenta (Valls, 2015). Por último, es importante evidenciar la importancia de lo que se va a aprender, enfatizando la aplicación de los conocimientos adquiridos en matemáticas al resto del currículo de los estudios (Mayer, 2008), y, por supuesto, emplear, siempre que sea posible, ejemplos correlacionados con los intereses de los estudiantes (Guillén, 2017, 2022).

Ahora bien, el alumnado, como responsable último de su aprendizaje, debe conocer que el tradicional estudio memorístico mediante la mera repetición mecánica es del todo ineficaz a largo plazo (Rowland, 2014). En lugar de eso, debe emplear una estrategia de aprendizaje (facilitada por el docente) (a) por *evocación* (Karpicke y Roediger, 2008), (b) *espaciada en el tiempo* (Karpicke y Roediger, 2007), y (c) *intercalada* (Mayer, 2008). Ello es debido a que estudiar de esta forma requiere más esfuerzo que la mera repetición, lo que redunda en una mejor retención de lo aprendido. Se trata de una "dificultad deseable" (Björk y Björk, 2011), que exige practicar, lo que ayuda a la compilación de los conocimientos (Kandel, 2007); promueve el aprendizaje por comprensión y la capacidad de transferencia (Karpicke y Blunt, 2011; Karpicke, 2012); y, confiere una inmediata revisión a partir del error, pues consultando los apuntes puede comprobar que se ha equivocado, y sobre todo dónde (Dehaene, 2019).

En el ejemplo del epígrafe anterior, se le pedirá al estudiante que, antes de 24 horas, (b) resuelva los siete ejercicios llevados a cabo en clase sin consultar su resolución (a), junto con 3 ecuaciones nuevas y desordenadas (c). Y que los repita todos, de nuevo, de memoria (a) como más tardar a los siete días, pero no antes de 72 horas (b). Se le advertirá que, con finalidad pedagógica, periódicamente, por ejemplo, cada 28 días (o 1 mes) (b), se realizará una prueba evaluativa con peso significativo en la nota (Roediger y Karpicke, 2006), de modo que deberá resolver, por tercera vez y por evocación, los ejercicios realizados, pero ahora de forma intercalada. Con esta reiteración y práctica de ejercicios, al igual que sucede en la asunción de habilidades motoras (como conducir un coche, nadar o jugar al tenis) se producirá la interiorización y consolidación de los conceptos numéricos complejos. Y lo que es más importante, su comprensión, aunque parezca contra-intuitivo. Y es que nuestro cerebro compila las operaciones que utilizamos periódicamente a modo de rutinas más eficientes. Esta automatización libera los recursos del lóbulo prefrontal, ya que, de lo contrario, las redes del control ejecutivo de la corteza parietal y prefrontal imponen un cuello de botella cognitivo que nos impide realizar dos cosas a la vez (Dehaene, 2019). Por consiguiente, no se trata de entender para aprender, sino, paradójicamente, de *aprender para entender.* Es decir, para comprender, debemos liberar nuestra corteza prefrontal, que es la que empleamos para ¡comprender! Y ello solo se consigue con la repetición estratégica de los ejercicios realizados en clase. No antes, ¡sino después! (Valls, 2015).

La repetición estratégica, consistente en estudiar mediante evocación, mejora significativamente el aprendizaje (Karpicke y Roediger, 2008), atiende a los tres últimos pilares establecidos por Dehaene (el compromiso activo, la revisión a partir del error, y la consolidación) y, asimismo, posibilita la educación del inconsciente cognitivo matemático en aras de conseguir que el estudiante alcance una *expertice* similar a la del profesor y sea capaz de transferir el conocimiento adquirido a otras materias (Valls, 2020).

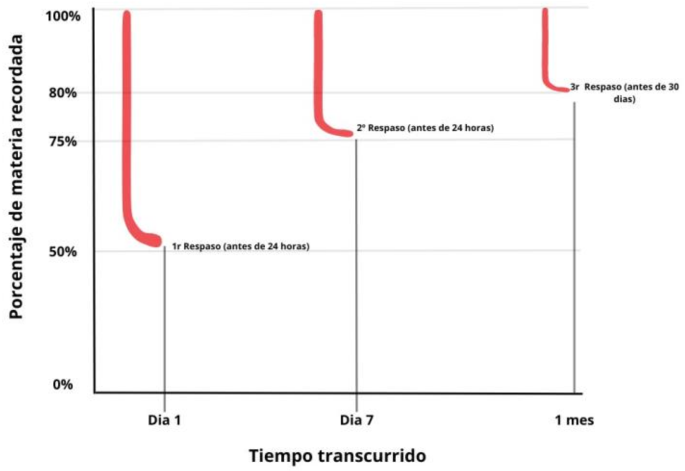
Por otra parte, la planificación temporal citada (antes de 24 horas, antes de una semana y antes de 28 días o 1 mes) en la que se deben realizar las diversas evocaciones para educar adecuadamente el inconsciente cognitivo matemático no es baladí, ya que esta estrategia de interiorización del conocimiento se torna más efectiva cuando se ha olvidado un poco lo aprendido. Así, espaciar las sesiones de estudio favorece el aprendizaje a largo plazo (Karpicke y Roediger, 2007), porque permite, entre otras cosas, compaginar períodos de vigilia con períodos de sueño. En este sentido, dormir bien juega un papel crítico en el aprendizaje profundo y efectivo. Walker (2009) destaca que el sueño ayuda a consolidar los recuerdos y a limpiar las toxinas del cerebro, lo cual es esencial para consolidar los conocimientos en la memoria.

En una línea similar, Dehaene (2019) sugiere que la experiencia muestra que la capacidad de memorización puede multiplicarse por tres si se revisa la información a intervalos en lugar de intentar aprender todo de una sola vez. La distribución del aprendizaje produce el efecto citado de la dificultad deseable, que inhibe el mero almacenamiento en la MT (de corto plazo), fuerza a los circuitos requeridos a trabajar más y prolonga su efectividad en el tiempo, si el espacio entre sesiones se va incrementando (Kang, 2016).

En la práctica con estudiantes universitarios de ADE y Márquetin y Comunicación Digital, mayoritariamente procedentes de Bachillerato Social (Valls, 1978-2024), estudiar mediante evocación, siguiendo el *timing* que muestra la figura 1, se ha mostrado muy eficaz en la interiorización del conocimiento de asignaturas numéricas, en la mejora en la capacidad de plantear problemas, en la aparición de "ideas felices", e incluso en la transferencia a otras materias.

Figura 1.

Porcentaje de materia recordada



Fuente: Valls (2015).

Evidentemente, no todos los estudiantes están dispuestos a llevar a la práctica el método propuesto, si no se les conmina a hacerlo. Las encuestas indican que la mayoría no se sienten motivados a seguir esta estrategia de estudio (Karpicke *et al.,* 2009). Ello es debido a que los métodos tradicionales basados en releer, o copiar los ejercicios, que requieren menos esfuerzo cognitivo, producen una gratificante (y falaz) sensación de haber aprendido que, sin embargo, en el mejor de los casos solo suponen un aprendizaje de muy corta duración (Karpicke, 2012). En este sentido, la práctica con los alumnos aludidos confirma que las pruebas de evaluación periódicas son muy efectivas (Roediger y Karpicke, 2006), especialmente si suponen un porcentaje significativo de la nota final y, sobre todo, si la materia evaluada se va acumulando.

El diseño del material docente debe considerar los principios de la teoría de la carga cognitiva para mejorar la eficacia del aprendizaje. Estrategias como la segmentación, el uso de ayudas visuales y la presentación gradual de la información pueden reducir la carga extrínseca y liberar recursos de la MT para la construcción de esquemas (Sweller *et al.*, 2011).

El Método "5L" de instrucción/aprendizaje por evocación espaciada e intercalada se sustancia en un material docente diseñado *ad hoc,* consistente en cinco cuadernos de trabajo, o libretas L1, L2, L3, L4 y L5, y ha sido ideado para facilitar el *aprendizaje significativo o por comprensión*, que es sin duda el más deseable (Schwartz *et al.,* 2008), eficaz a largo plazo (Mayer, 2002) y transferible a diferentes contextos (Bransford *et al.*, 2000). Se basa en la evidencia empírica de que, como se ha indicado, la comprensión de un ejercicio de matemáticas no se halla al principio, sino al final del proceso educativo (Ericsson *et al.,* 1993; Ericsson y Pool, 2016; Marina, 2016; Shenk, 2011; Valls, 2015). Ello es debido a que la *expertice* en materias numéricas, como en cualquier habilidad cultural no innata (por ejemplo, tocar el violín), solo se alcanza después de un periodo de esfuerzo deliberado y supervisado para aumentar el rendimiento (Ericsson *et al.,* 1993).

La L1 es la "libreta de instrucción". Gracias a su diseño, el docente puede gestionar en el aula de forma adecuada la carga cognitiva de los estudiantes para soslayar durante la clase su limitada MT (Gathercole *et al.,* 2004), que, recordemos una vez más, es el espacio donde se produce el aprendizaje (Gathercole y Alloway, 2008).

La L1 también facilita el *aprendizaje activo,* puesto que implica la participación activa del estudiante en el proceso de aprendizaje, en lugar de ser un receptor pasivo de información. Y es que, como sugiere Prince (2004), la resolución de problemas por parte del alumno en clase puede mejorar significativamente la comprensión conceptual.

Así, la L1 consiste en una colección de ejercicios no resueltos, con espacios en blanco, después de cada paso del algoritmo de resolución, donde el estudiante anotará la solución sugerida por el profesor.

En el ejemplo antes propuesto, la L1 podría tener el siguiente aspecto:

Ecuaciones De Segundo Grado

$ax^2 + bx + c = 0$. Fórmula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

Ejercicio 1

Resolver la siguiente **ecuación de segundo grado:** $X^2+4x+3=0$

Solución

A) Identificamos coeficientes:
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

B) Apliquemos la fórmula
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*
C) Operemos
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

D) Volvamos a operar
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

E) Hallamos la 1ª solución (x_1)
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

F) Hallamos la 2ª solución (x_2):
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

Ejercicio 2

Resolver la siguiente ecuación de segundo grado**:** $X^2+4x+3=0$

Solución

A) Identificamos coeficientes:
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

B) Apliquemos la fórmula
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

C) Operemos
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

D) Volvamos a operar
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

E) Hallamos la 1ª solución (x_1)
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

F) Hallamos la 2ª solución (x_2):
(*Dejar un espacio para que los alumnos puedan copiar la solución de la pizarra en su libreta).*

A continuación, se procederá de igual manera con el ejercicio 3 ($X^2+5x+6=0$) y con el 4 ($x^2+7x+12=0$).

Recordemos que, para gestionar la carga cognitiva intrínseca, el instructor resolverá en la pizarra el apartado A de los 3 primeros ejercicios, luego el B, el C, etc., y que le permitirá al estudiante resolver cada apartado del ejercicio 4 por su cuenta, dejándole un tiempo prudencial para hacerlo, transcurrido el cual, el instructor lo resolverá en la pizarra.

A continuación, moviéndonos dentro de la Zona de Desarrollo Próximo, que es la distancia entre lo que un estudiante es capaz de hacer en solitario y lo que puede lograr bajo la supervisión del instructor (Vygotsky, 1978), preparamos 3 ejercicios más. Después, se centrará en el ejercicio 5, resaltando la novedad que introduce:

Ejercicio 5

Resolver la siguiente ecuación de segundo grado**:** $X^2-8x+7=0$

En este caso el docente resolverá el ejercicio, pero llevando a cabo todos los pasos seguidos.

Después hará lo mismo con el ejercicio 6 ($2X^2-10x+8=0$. Y, de nuevo, invitará a los alumnos a que resuelvan por sí solos el ejercicio 7 ($3X^2-15x+18=0$).

Imaginemos que aquí finaliza la sesión. A partir de este momento entran en juego las cuatro libretas restantes.

La L2 y la L3 son idénticas. Consisten en la L1, pero sin pautas de resolución. Por ejemplo:

Ecuaciones De Segundo Grado

$ax^2 + bx + c = 0$. Fórmula:

$$x = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4\,ac}}{2a}$$

Ejercicio 1

Resolver la siguiente ecuación de segundo grado: $X^2+4x+3=0$

Solución

(Dejar un espacio en blanco para que los estudiantes puedan copiar la solución completa de la pizarra en su libreta).

Mediante la L2 (que está pensada para ser trabajada en casa, antes de 24 horas después de finalizar la sesión formativa presencial), el alumno, que ya habrá interiorizado en clase el algoritmo de resolución, resuelve por evocación, es decir, sin consultar de entrada la L1, el ejercicio 1. Comprueba en la L1 si lo ha resuelto bien, y prosigue resolviendo el segundo de la misma manera. Si se ha equivocado en el 1, ve el error cometido, lo repite en la L2, y, prosigue con la resolución del segundo. Y así sucesivamente.

Mediante la L3 (para ser trabajada entre un mínimo de 72 horas y un máximo de 7 días después de la sesión de clase), vuelve a proceder como con la L2.

La L4 difiere de las anteriores en que los ejercicios ya no aparecen por orden, sino que están intercalados, a modo de lo que sería una prueba evaluativa en la que se propondrán diferentes tipos de problemas. La alternancia de problemas consiste en mezclar diferentes tipos de ejercicios en una sesión de estudio, en lugar de enfocarse en un solo tipo. Bjork y Bjork (2011) argumentan que este enfoque mejora la discriminación entre tipos de problemas y la flexibilidad en la aplicación de conceptos matemáticos. La L4 está pensada, por consiguiente, para la preparación de pruebas evaluativas periódicas de 4 en 4 semanas.

Y, por último, la L5, con diversos exámenes finales tipo, el alumnado la empleará para estudiar el último examen en el que entrará toda la materia acumulada.

El objetivo final del presente estudio es mostrar con evidencias que el Método "5L" de instrucción/aprendizaje por evocación espaciada e intercalada en la práctica facilita, por un lado, el aprendizaje significativo de materias numéricas, educando los inconscientes cognitivo y emocional matemáticos; y, por el otro, permite gestionar en el aula de forma adecuada la carga cognitiva de los alumnos para soslayar durante la clase su restrictiva MT, facilitando así el aprendizaje por comprensión, y disminuyendo la AM que, como hemos visto, a menudo sienten los alumnos frente a este tipo de asignaturas.

4. Metodología

4.1. Metodología de la investigación

La metodología empleada responde a un estudio de campo dirigido a una población de alumnos de la asignatura de Fundamentos de Matemáticas, todos ellos estudiantes de los Grados de ADE y/o de Márquetin y Comunicación Digital en Euncet Business School a los que se pasó una encuesta cerrada sobre cómo valoraban su experiencia de aprendizaje, basada en 5 ítems en una escala Lickert (1: muy insatisfactoria; 2: insatisfactoria; 3: indiferente; 4: satisfactoria; y 5: muy satisfactoria), para cada una de las 12 sesiones formativas, que cumplimentaron los 32 estudiantes de la muestra, frente a un grupo-control de 46 estudiantes. Se evaluó asimismo el rendimiento académico alcanzado por cada alumno mediante 4 pruebas. Evaluación continuada (40 %): 1ª prueba (10 %), durante la cuarta sesión; 2ª prueba (20 %) con materia acumulada, durante la octava sesión; 3ª prueba (10 %), durante la doceava sesión. Examen final (60 %) –es la 4ª prueba- con dos convocatorias (sesiones 14 y 17), en el que entraba toda la materia del curso.

4.2. Hipótesis

El Método "5L" de instrucción/aprendizaje por evocación espaciada en el tiempo e intercalada mejora significativamente el rendimiento medio académico de los estudiantes de matemáticas, en una experiencia subjetiva de aprendizaje satisfactoria *versus* a los métodos de estudio y reestudio tradicionales.

4.3. Instrumentos

- Cuestionarios individualizados en el campus virtual de la Escuela.
- 5 cuadernos de ejercicios y problemas (L1, L2, L3, L4 y L5).
- 3 pruebas evaluativas (semanas 4, 8 y 12), y 1 examen final (primera convocatoria: semana 14; segunda convocatoria: semana 17).

4.4. Muestra

32 alumnos/as voluntarios de la asignatura de Fundamentos de Matemáticas de los Grados de Administración y Dirección de Empresas y/o del Grado de Marketing y Comunicación Digital. Todos los voluntarios se comprometieron a implementar el Método "5L" y a rellenar los cuestionarios de satisfacción solicitados. Frente a un grupo de control (formado por 46 compañeros), que estudió con su método habitual.

4.5. Temporalización

- Entrada en el escenario: Setiembre 2023.
- Recogida de información: setiembre 2023 a febrero 2024.
- Retirada del escenario: febrero 2024.
- Análisis de la información y evaluación de los objetivos: abril 2024.
- Elaboración del informe final: mayo 2024.
- Presentación del informe final: julio 2024.

5. Resultados

Para realizar el análisis, se utilizó un contraste de hipótesis de una sola cola, de igualdad de medias, al 1 % de significación, comparando la media de notas en la asignatura de matemáticas de la muestra ($\bar{x} = 87{,}09$) y la media del grupo-control ($\bar{y} = 59{,}65$), y suponiendo desviaciones poblacionales desconocidas, pero iguales. Las desviaciones estándar respectivas obtenidas en la muestra fueron: $S_x = 11{,}72$ y $S_y = 21{,}65$:

$$H_0 : \mu_x = \mu_y$$

$$H_1 : \mu_x > \mu_y$$

El estadístico de prueba utilizado fue: $t_0 = \dfrac{\bar{x} - \bar{y}}{\sqrt{\dfrac{1}{n_x} + \dfrac{1}{n_y}} \cdot \sqrt{\dfrac{(n_x - 1) \cdot S_x^2 + (n_y - 1) \cdot S_y^2}{n_x + n_y - 2}}} =$

$$= \frac{87{,}09 - 59{,}65}{\sqrt{\dfrac{1}{32} + \dfrac{1}{46}} \cdot \sqrt{\dfrac{(32_x - 1) \cdot (11{,}72)^2 + (46 - 1) \cdot (21{,}65)^2}{32 + 46 - 2}}} \approx 6{,}52$$

Y dado que el valor en tablas (opción unilateral derecha), para 76 gdl y un nivel de significación del 1 % es de t = 2,376, se obtuvo que 6,52 > 2,376, por lo que se rechazó la hipótesis nula y se concluyó que:

- el rendimiento medio académico de los alumnos de la muestra es significativamente mayor que el rendimiento académico medio del grupo-control.

Por otra parte:

- la media de las valoraciones de satisfacción en las encuestas cumplimentadas de los alumnos obtenida de la muestra fue de 4,07, que al ser superior a 4 indica que la experiencia educativa con el Método "5L" resultó realmente satisfactoria.

6. Discusión

Tanto en los alumnos voluntarios como en los del grupo-control, el porcentaje de estudiantes procedentes del bachillerato científico/tecnológico, con una mejor base numérica, era similar y poco significativa, aproximadamente del 6%, en ambos casos.

Sin embargo, del hecho que la implementación del método de estudio por evocación, espaciada en el tiempo e intercalada fuese voluntaria podría incurrir en sesgos favorables al aprendizaje inherentes a una mayor motivación intrínseca de los alumnos, ajena a las bondades del método, que por otra parte sí se adecua a la totalidad de los postulados teóricos investigados.

7. Conclusiones

1ª Se corroboró la hipótesis de que los estudiantes que reciben instrucción en matemáticas con el Método "5L" y aprenden por evocación espaciada e intercalada, gracias a la implementación de las "5 libretas" obtienen un resultado académico en las pruebas de matemáticas (87,09) (muy) significativamente mayor que los que solo reciben instrucción con este método (59,65), pero que estudian como en ellos es habitual, sea cual sea la base de conocimientos de partida.

2ª Los estudiantes muestran un nivel de satisfacción en esta experiencia de estudio ligeramente superior a 4 (4,07), es decir, mayoritariamente la califican de "satisfactoria".

Queda pendiente para futuras investigaciones un análisis comparativo con estudiantes que, siguiendo el método de aprendizaje por evocación, espaciada e intercalada, sin embargo, reciban una instrucción no basada en la gestión de la carga cognitiva en el aula que propone el Método "5L" y, en consecuencia, sin el empleo de las "5 libretas".

8. Referencias

Alloway, T. P. y Passolunghi, M. C. (2011). La relación entre la memoria de trabajo, el CI y las habilidades matemáticas en niños. *Learning and Individual Differences, 21*(1), 133-137. https://doi.org/10.1016/j.lindif.2010.09.013

Alloway, T. P. y Alloway, R. G. (2014). *Understanding working memory*. SAGE Publications.

Ashcraft, M. H. (2002). Ansiedad matemática: consecuencias personales, educativas y cognitivas. *Orientaciones actuales en la ciencia psicológica, 11*(5), 181-185. https://doi.org/10.1111/1467-8721.00196

Ashcraft, M. H. y Krause, J. A. (2007). Working memory, math performance, and math anxiety. *Psychonomic Bulletin & Review*, *14*(2), 243-248. https://doi.org/10.3758/BF03194059

Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends in Cognitive Sciences, 4*(11), 417-422. https://doi.org/10.1016/S1364-6613(00)01538-2

Baddeley, A. D. y Hitch, G. J. (1974). Working memory. En G. A. Bower (ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory*, 8, 47-89. Academic Press. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0079742108604521

Ball, D. L., Thames, M. H. y Phelps, G. (2008). Content knowledge for teaching: What makes it special? *Journal of Teacher Education, 59*(5), 389-407. https://doi.org/10.1177/0022487108324554

Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. Macmillan.

Bargh, J. (2018). *¿Por qué hacemos lo que hacemos? El poder del inconsciente*. Ediciones B.

Beck, A. T. y Freeman, A. (1995). *Terapia cognitiva de los trastornos de personalidad*. Paidós.

Beilock, S. L., Gunderson, E. A., Ramirez, G. y Levine, S. C. (2010). Female teachers' math anxiety affects girls' math achievement. *Proceedings of the National Academy of Sciences, 107*(5), 1860-1863. https://doi.org/10.1073/pnas.0910967107

Bishop, A. J. (1988). Aspectos sociales y culturales de la educación matemática. *Enseñanza de las Ciencias, 6*(2), 121-125. https://bit.ly/3K8kJ6v

Bjork, R. A. y Bjork, E. L. (2007). Making memories work for you: The role of retrieval practice in the improvement of learning. *Psychological Science, 18*(1), 71-77. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2007.01855.x

Bransford, J. D., Brown, A. L. y Cocking, R. R. (2000). *How people learn: Brain, mind, experience, and school.* National Academy Press.

Carver, C. S. y Scheier, M. (2001). *On the self-regulation of behavior*. Cambridge University Press.

Chang, H. y Beilock, S. L. (2016). The neural correlates of math anxiety: An overview of current research and its implications. *Current Opinion in Behavioral Sciences,* 10, 33-38. https://doi.org/10.1016/j.cobeha.2016.05.014

Chi, M. T. H. (2009). Active-Constructive-Interactive: A conceptual framework for differentiating learning activities. *Topics in Cognitive Science, 1*(1), 73-105. https://doi.org/10.1111/j.1756-8765.2008.01005.x

Dehaene, S. (2016). *El cerebro matemático*. Siglo veintiuno.

Dehaene, S. (2019). *¿Cómo aprendemos?* Siglo veintiuno.

Ericsson, K. A., Krampe, R. T. y Tesch-Römer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review, 100*(3), 363-406. https://doi.org/10.1037/0033-295X.100.3.363

Ericsson, K. A. y Pool, R. (2016). *Peak: Secrets from the new science of expertise*. Houghton Mifflin Harcourt.

Gathercole, S. E. y Alloway, T. P. (2008). *Working memory and learning: A practical guide for teachers*. SAGE Publications.

Gathercole, S. E., Pickering, S. J., Ambridge, B. y Wearing, H. (2004). La estructura de la memoria de trabajo de los 4 a los 15 años de edad. *Psicología del Desarrollo, 40*(2), 177-190. https://doi.org/10.1037/0012-1649.40.2.177

Geary, D. C. (2011). Cognitive predictors of achievement growth in mathematics: A five year longitudinal study. *Developmental Psychology, 47*(6), 1539-1552. https://goo.su/4k2VK

Greenberg, L. S., Rice, L. N. y Elliott, R. (1996). *Facilitando el cambio emocional*. Paidós.

Gresham, G. (2009). An examination of mathematics teacher efficacy and mathematics anxiety in elementary pre-service teachers. *The Journal of Classroom Interaction*, *44*(2), 22-38. https://bit.ly/3rpGZX6

Guillén, J. C. (2017). *Neuroeducación en el aula: De la teoría a la práctica*. CreateSpace.

Guillén, J. C. (2022). Memoria de trabajo en el aula. *Cuadernos de Pedagogía,* 528, 142-148. https://www.grao.com/es/producto/memoria-de-trabajo-en-el-aula

Hattie, J. y Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research, 77*(1), 81-112. https://doi.org/10.3102/003465430298487

Kandel, E. (2007). *En busca de la memoria*. Katz Editores.

Kang, S. H. (2016). The benefits of interleaved practice for learning. En J. Horvath, J. Lodge y J. Hattie (Eds.), *From the laboratory to the classroom: translating science of learning for teachers* (pp. 79-93). Routledge.

Karpicke, J. D. (2012). Aprendizaje basado en la recuperación: la recuperación activa promueve el aprendizaje significativo. *Current Directions in Psychological Science, 21*(3), 157-163. https://doi.org/10.1177/0963721412443552

Karpicke, J. D. y Blunt, J. R. (2011). Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. *Science, 331*(6018), 772-775. https://doi.org/10.1126/science.1199327

Karpicke, J. D., Butler, A. C. y Roediger, H. L. (2009). Metacognitive strategies in student learning: Do students practice retrieval when they study on their own? *Memory, 17*(4), 471-479. https://doi.org/10.1080/09658210802647009

Karpicke, J. D. y Roediger, H. L. (2007). Expanding retrieval practice promotes short-term retention, but equally spaced retrieval enhances long-term retention. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 33*(4), 704-719. https://doi.org/10.1037/0278-7393.33.4.704

Karpicke, J. D. y Roediger, H. L. (2008). The critical importance of retrieval for learning. *Science, 319*(5865), 966-968. https://doi.org/10.1126/science.1152408

Lovett, M. (2013). A collaborative convergence on studying reasoning processes: A case study in statistics. En S. M. Carver y D. Klahr (Eds.), *Cognition and Instruction: Twenty-Five Years of Progress* (pp. 347-384). Psychology Press. https://bit.ly/3DHDlqQ

Maloney, E. A. y Beilock, S. L. (2012). Ansiedad matemática: quién la padece, por qué se desarrolla y cómo protegerse de ella. *Tendencias en Ciencias Cognitivas, 16*(8), 404-406. https://doi.org/10.1016/j.tics.2012.06.008

Marina, J. A. (2016). *Objetivo: Generar talento*. Conecta.

Mayer, R. E. (2002). Rote versus meaningful learning. *Theory into Practice, 41*(4), 226-232. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_4

Mayer, R. E. (2008). Aplicación de la ciencia del aprendizaje: principios basados en evidencia para el diseño de instrucción multimedia. *Psicólogo Estadounidense, 63*(8), 760-769. https://doi.org/10.1037/0003-066X.63.8.760

Millner, M., Jaroszewski, A. C., Chamarthi, H. y Pizzagalli, D. (2012). Behavioral and electrophysiological correlates of training-induced cognitive control improvements. *Neuroimage, 63*(2), 742-753. https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2012.07.029

Moore, A. M. y Ashcraft, M. H. (2012). Mathematics Anxiety. In *Encyclopedia of Language and Literacy Development* (pp. 1-8). Canadian Language and Literacy Research Network. http://www.literacyencyclopedia.ca/pdfs/topic.php?topId=265

Oberle, E. y Schonert-Reichl, K. A. (2016). Stress contagion in the classroom? The link between classroom teacher burnout and morning cortisol in elementary school students. *Social Science & Medicine*, 159, 30-37. https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2016.04.031

Paas, F. G. y Van Merriënboer, J. J. (1994). Variability of worked examples and transfer of geometrical problem-solving skills: A cognitive-load approach. *Journal of Educational Psychology, 86*(1), 122-133. https://doi.org/10.1037/0022-0663.86.1.122

Posner, M. I. y Petersen, S. E. (1990). The attention system of the human brain. *Annual Review of Neuroscience, 13*(1), 25-42. https://doi.org/10.1146/annurev.ne.13.030190.000325

Prince, M. (2004). Does active learning work? A review of the research. *Journal of Engineering Education, 93*(3), 223-231. https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2004.tb00809.x

Richardson, F. C. y Suinn, R. M. (1972). The mathematics anxiety rating scale: psychometric data. *Journal of Counseling Psychology, 19*(6), 551-554. https://doi.org/10.1037/h0033456

Roediger, H. L. y Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science, 17*(3), 249-255. https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x

Rowland, C. A. (2014). The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin, 140*(6), 1432-1463. https://doi.org/10.1037/a0037559

Ruff, S. E. y Boes, S. R. (2014). The Sum of All Fears: The Effects of Math Anxiety on Math Achievement in Fifth Grade Students and the Implications for School Counselors. *Georgia School Counselors Association Journal, 21*(1), n1. https://bit.ly/3XYD8eP

Ruiz, H. (2020). *¿Cómo aprendemos? Una aproximación científica al aprendizaje*. Graó.

Salden, R. J., Paas, F. y van Merriënboer, J. J. (2006). A comparison of approaches to learning task selection in the training of complex cognitive skills. *Computers in Human Behavior, 22*(3), 321-333. https://doi.org/10.1016/j.chb.2004.06.003

Shenk D. (2011). *El genio que todos llevamos dentro*. Ariel.

Sloan, T. M. (2010). Feedback in Higher Education: The Role of the Academic Advisor. *Journal of College Student Development, 51*(3), 290-306. https://doi.org/10.1353/csd.0.0131

Stevenson, H. W., Lee, S. Y., Chen, C., Lummis, M., Stigler, J., Fan, L. y Ge, E. (1990). Comparisons of children's mathematical performance and classroom instruction in China and the United States. *Child Development, 61*(5), 1053-1066. https://doi.org/10.2307/1130870

Stickgold, R. (2005). Sleep-dependent memory consolidation. *Nature, 437*(7063), 1272-1278. https://doi.org/10.1038/nature04286

Stoehr, K. J. (2017). Mathematics anxiety: One size does not fit all. *Journal of Teacher Education, 68*(1), 69-84. https://doi.org/10.1177/0022487116676316

Swanson, H. L. y Jerman, O. (2007). The influence of working memory on reading growth in subgroups of children with reading disabilities. *Journal of Experimental Child Psychology, 96*(4), 249-283. https://doi.org/10.1016/j.jecp.2006.12.004

Swars, S. L., Daane, C. J. y Giesen, J. (2006). Mathematics anxiety and mathematics teacher efficacy: What is the relationship in elementary preservice teachers? *School Science and Mathematics, 106*(7), 306-315. https://doi.org/10.1111/j.1949-8594.2006.tb17921.x

Schwartz, M. S., Sadler, P. M., Sonnert, G. y Tai, R. H. (2009). Depth versus breadth: How content coverage in high school science courses relates to later success in college science coursework. *Science Education, 93*(5), 798-826. https://doi.org/10.1002/sce.20328

Sweller, J. (1988). Cognitive load during problem solving: Effects on learning. *Cognitive Science, 12*(2), 257-285. https://doi.org/10.1207/s15516709cog1202_4

Sweller, J., Van Merrienboer, J. J. y Paas, F. G. (1998). Arquitectura cognitiva y diseño instruccional. *Educational Psychology Review, 10*, 251-296. https://doi.org/10.1023/A:1022193728205

Sweller, J., Ayres, P. y Kalyuga, S. (2011). *Cognitive Load Theory*. Springer Science & Business Media. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4419-8126-4_10

Valls, J. (2015). *Genial mente: las claves de la inteligencia, el talento y la creatividad*. Obelisco.

Valls, J. (2020). Se puede educar el inconsciente cognitivo matemático. *Cuadernos de Pedagogía*, 509, 60-63. https://bit.ly/3K4y7Js

Vigotsky, L. S. (1978). *Mind in society*. Harvard University Press.

Walker, M. P. (2008). The Role of Sleep in Cognition and Emotion. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156, 168-197. https://doi.org/10.1196/annals.1417.017

AUTOR/ES

Joaquim Valls Morató
Euncet Business School (Universitat Politècnica de Catalunya)

El Dr. Joaquim Valls es Economista, Máster en Sociedad de la Información y el Conocimiento, y Máster en Inteligencia Artificial Aplicada a los Negocios. Imparte clases de Matemáticas y Economía en los Grados de ADE y Márquetin y Comunicación Digital. Es autor de diez libros de divulgación científica, entre los que destaca Genial mente: las claves de la inteligencia, el talento y la creatividad (2014), y del e-book Educada mente: Manual de Neuroeducación Positiva (2024). Trabaja en sendas líneas de investigación (con cinco artículos publicados y uno aceptado), ambas basadas en su tesis doctoral, que versa sobre la (re)educación del inconsciente, en las que estudia la educación del inconsciente matemático cognitivo y emocional, y la educación del inconsciente lector y ortográfico.
jvalls@euncet.com

Orcid ID: https://orcid.org/0009-0005-3414-930X