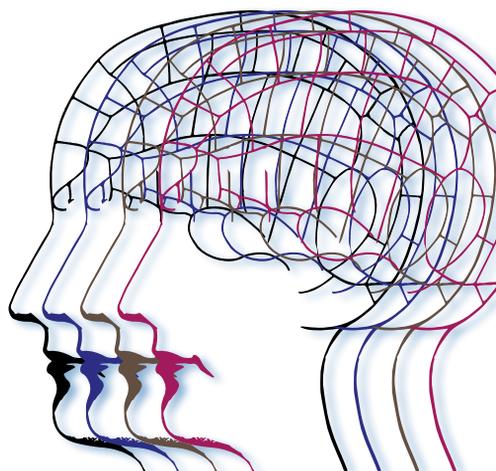


David Bueno y Anna Forés (eds.)

Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st

La docencia universitaria en clave neuroeducativa

Viejos problemas,
nuevos retos:
oportunidades para
el cambio



La colección Educación Universitaria contribuye a la difusión de experiencias significativas y buenas prácticas de innovación y mejora docente en el ámbito de la educación superior, y a intentar dar respuestas adecuadas a los retos que plantean tanto las actuales tendencias sobre el proceso de docencia-aprendizaje como la construcción de nuevos espacios para la educación superior.

Compuesta por libros de alta divulgación sobre temas de enseñanza y aprendizaje universitarios, va dirigida especialmente a los profesores universitarios y futuros docentes en fase de formación; también a los responsables de la gestión universitaria, al alumnado de estudios superiores y a todas las personas que se interesan por el mundo de la docencia en la universidad.

En la serie «Educación superior comparada e internacional», de orientación diferenciada y propia, se publican obras que presentan los resultados de destacadas investigaciones internacionales sobre temas relacionados con la educación superior desde una perspectiva comparada.

Esta colección también presenta ediciones digitales de todos los libros y, además, de aquellos documentos que, por su naturaleza o por la extensión y amplitud de sus planteamientos, exceden las posibilidades de ediciones en formatos tradicionales.

La docencia universitaria en clave neuroeducativa

Viejos problemas, nuevos retos:
oportunidades para el cambio



CONSEJO EDITORIAL IDP/ICE, UB-OCTAEDRO

Dirección

Teresa Pagès Costas (jefa de la Sección Universidad, IDP/ICE, Facultad de Biología, Universidad de Barcelona)

Coordinadora

Anna Forés Miravalles (IDP/ICE, Facultad de Educación, Universidad de Barcelona)

Editor

Juan León (director de la Editorial Octaedro)

Consejo Editorial

Pedro Allueva Torres (Facultad de Educación, Universidad de Zaragoza)

Pilar Ciruelo Rando (Editorial Octaedro)

Mar Cruz Piñol (Facultad de Filología, Universidad de Barcelona)

Carmen Ferrándiz García (Facultad de Psicología, Universidad de Murcia)

Mercè Gracenea Zugarramurdi (Facultad de Farmacia y Ciencias Alimentación, Universidad de Barcelona)

Virginia Larraz Rada (Facultad de Ciencias de la Educación, Universidad de Andorra)

Miquel Martínez Martín (Facultad de Educación, Universidad de Barcelona)

Miquel Oliver Trobat (Facultad de Educación, Universidad de las Islas Baleares)

Joan Carles Ondategui Parra (Facultad de Óptica y Optometría, Universidad Politécnica de Cataluña)

Jordi Ortín Rull (Facultad de Física, Universidad de Barcelona)

Mireia Ribera Turró (Facultad de Matemáticas e Informática, Universidad de Barcelona)

Alicia Rodríguez Álvarez (Facultad de Filología, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria)

Carmen Saurina Canals (Facultad de Ciencias Económicas y Empresariales, Universidad de Gerona)

Secretaría Técnica del Consejo Editorial

Lourdes Marzo Ruiz (IDP/ICE, Universidad de Barcelona), Ana Suárez Albo (Editorial Octaedro)

Normas presentación originales:

https://www.ub.edu/idp/web/sites/default/files/docs/Normas_presenta.pdf

Revisores:

https://www.ub.edu/idp/web/sites/default/files/docs//Revisores_Octaedro.pdf

Criterios de calidad:

<https://www.ub.edu/idp/web/sites/default/files/docs/criterios.pdf>

David Bueno y Anna Forés (eds.)

Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st

La docencia universitaria en clave neuroeducativa

**Viejos problemas, nuevos retos:
oportunidades para el cambio**

OCTAEDRO - IDP/ICE, UB

Colección Educación universitaria

Título: *La docencia universitaria en clave neuroeducativa. Viejos problemas, nuevos retos: oportunidades para el cambio*

Primera edición (papel): junio de 2024
Primera edición (PDF): octubre de 2024

© David Bueno y Anna Forés (eds.)
Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st

© De esta edición:
Ediciones Octaedro, S.L.
Bailén, 5 - 08010 Barcelona
Tel.: 93 246 40 02
octaedro@octaedro.com
www.octaedro.com

Universitat de Barcelona
Institut de Desenvolupament Professional (IDP/ICE)
Campus Mundet - 08035 Barcelona
Tel.: 93 403 51 75
ice@ub.edu



Esta publicación está sujeta a la Licencia Internacional Pública de Atribución/Reconocimiento-
NoComercial 4.0 de Creative Commons. Puede consultar las condiciones de esta licencia si
accede a: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

ISBN (papel): 978-84-10282-06-3
ISBN (EPUB): 978-84-10282-06-3

Corrección: Xavier Torras
Diseño y producción: Servicios Gráficos Octaedro

Publicación en acceso abierto - *Open Access*

Sumario

Prólogo	9
— DAVID BUENO Y ANNA FORÉS	
1. El acceso a la universidad: empecemos por el principio	13
— DAVID BUENO	
2. Progreso, persistencia, asistencia para diluir: abandonos, absentismos y otros «ab»	25
— ANNA FORÉS, TERESA HERNÁNDEZ, MARTA LIGIOIZ Y CARMÉ TRINIDAD	
3. Espacios que dejan huella	35
— JESÚS GUILLÉN	
4. Tomar consciencia. Corresponsabilizarse del aprendizaje	45
— ROSA CASAFONT I VILAR	
5. Diversidades diversas. Diseños universales	55
— CORAL ELIZONDO	
6. Funciones ejecutivas, aprendizaje y evaluación: elementos clave en contextos universitarios para potenciar los aprendizajes significativos	65
— LAIA LLUCH MOLINS Y IOLANDA NIEVES DE LA VEGA	
7. El <i>feedback</i> como gestor e impulsor de aprendizajes futuros	75
— DAVID BUENO Y ANNA FORÉS	
8. Evaluación y neuroeducación: el tándem para potenciar aprendizajes significativos en la universidad	85
— LAIA LLUCH MOLINS Y IOLANDA NIEVES DE LA VEGA	

9. Exámenes: del estrés al reto	99
— DAVID BUENO	
10. Interdisciplinariedad: la imprescindible sinergia entre ciencias y humanidades para una formación integral	111
— DAVID BUENO	
11. La transferencia del aprendizaje en la era de la inteligencia artificial	121
— ANA MARÍA FERNÁNDEZ Y GILBERTO PINZÓN	
12. Realidad extendida e inteligencia artificial	133
— DAVID BUENO	
13. Una universidad en movimiento	143
— MARC GUILLEM MOLINS	
14. El estrés en contextos educativos	153
— FABRICIO BALLARINI	
15. La construcción de la salud mental desde el aula	163
— FABIÁN ROMÁN	

Prólogo

«Bienvenidos a un viaje transformador hacia el corazón mismo del aprendizaje humano. Este libro, dedicado a explorar la fascinante intersección entre la neurociencia y la educación universitaria, surge en un momento crucial de nuestra historia académica. La neuroeducación, un campo que fusiona los últimos avances en neurociencia con las prácticas pedagógicas, emerge como un faro de posibilidades en la búsqueda de un aprendizaje más efectivo y significativo.

En el vertiginoso mundo de la educación superior, donde la información fluye como un río incontenible, la neuroeducación se presenta como una herramienta esencial para comprender cómo nuestros cerebros absorben, procesan y retienen el conocimiento. Este libro no solo es un compendio de investigaciones y teorías, sino una brújula que pretende ayudar a los docentes y los estudiantes a entender los entresijos de la mente humana en el contexto universitario.

A medida que desentrañamos los misterios de la plasticidad cerebral, la memoria, la atención y la motivación, descubrimos cómo moldear entornos de aprendizaje que se alinean con los fundamentos biológicos de la cognición. Atravesaremos las fronteras entre las disciplinas, amalgamando conocimientos científicos con estrategias prácticas que potenciarán el proceso de enseñanza-aprendizaje.

Este libro pretende, pues, más allá de recopilar y exponer datos, ser un catalizador de cambio en las aulas universitarias. Al implementar estrategias neuroeducativas, buscamos no solo mejorar los resultados académicos, sino también, muy especialmente, cultivar la curiosidad,

el pensamiento crítico y la pasión por el conocimiento. Creemos que nos hallamos en el umbral de una revolución educativa, y este libro aspira humildemente a contribuir a iluminar el camino hacia un futuro donde la educación sea una experiencia enriquecedora y transformadora para todos.

Con entusiasmo e ilusión,»

CHATGPT 3.5

En colaboración con los editores científicos del libro,

DAVID BUENO y ANNA FORÉS

Efectivamente, el prólogo anterior lo ha redactado en un 75 % un sistema de inteligencia artificial (IA). Nosotros hemos matizado, ampliado y retocado algunas de sus afirmaciones, aproximadamente el 25 % del texto, por no estar al cien por cien alineadas con las propuestas de este libro o por ser excesivas en sus planteamientos. Es obvio que la educación está cambiando, porque el entorno social, cultural y tecnológico también lo hace. Y las necesidades de hoy no son las de ayer. Y tampoco serán las de mañana. No está cambiando en cuanto al significado estricto de la palabra *educar* (según el *Diccionario de la lengua española* de la RAE, «desarrollar o perfeccionar las facultades intelectuales y morales del niño o del joven por medio de preceptos, ejercicios, ejemplos, etc.»), sino en la forma en que lo hace. Oponerse al progreso es, qué duda cabe, contraproducente. Y aceptar los cambios tal cual, sin más, sin reflexión, sin análisis crítico, también lo es.

Uno de los campos de conocimiento científico y académico que más ha crecido estas dos últimas décadas es el de la neurociencia en general, y, en concreto, el de la neurociencia aplicada a la educación. Conocer cómo es y cómo funciona el cerebro, cómo va cambiando a través de los aprendizajes y experiencias y cómo estos cambios influyen en la manera en que las personas nos relacionamos con nosotros mismas, con nuestro entorno social, cultural y físico, y en cómo gestionamos nuestros aprendizajes futuros contribuye, sin duda, a optimizar las pedagogías educativas. Hay muchos trabajos aplicables a las aulas que abordan este aspecto en los distintos niveles educativos

preuniversitarios, pero todavía muy pocos los que se han focalizado en los estudios superiores. Cómo influyen los exámenes, el estrés, los espacios arquitectónicos, el *feedback*, los estados emocionales, el empoderamiento de los estudiantes, la salud mental, etc., en los avances de los estudiantes universitarios, en particular, o en los que cursan estudios superiores, en general, es algo que los docentes deberíamos valorar de forma especialmente cuidadosa. El libro que tenéis entre las manos pretende ser una punta de lanza que permita introducir novedades cada vez más necesarias en los procesos educativos.

Los avances tecnológicos no se detienen, como hemos demostrado con el prólogo inicial, que hemos escrito «a medias» con un sistema de IA. Pero los cambios sociales y culturales tampoco. Tan perjudicial es, insistimos, rechazarlos de plano como acatarlos automáticamente. En este sentido, la neuroeducación abre nuevas vías de diálogo y reflexión, de conocimientos aplicables en las aulas universitarias y en los estudios superiores. No aprovecharlos sería una lástima. Incluso diríamos que una irresponsabilidad imperdonable.

Esta es una de las tareas principales que desde hace años venimos haciendo desde la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st, de la Universitat de Barcelona. Investigar, formar y divulgar sobre la neuroeducación. Con sus casi treinta miembros, procedentes de diversas áreas y disciplinas académicas, cada uno aportando sus conocimientos al conjunto y aprendiendo de los conocimientos de los demás, pretendemos ser motor e inspiración para la innovación educativa con fundamentos científicos. Unos fundamentos que, junto con todos los tradicionales de la pedagogía moderna, contribuyan a mantener su crecimiento, adaptación y optimización. Este libro, en sus distintos capítulos, ha sido escrito por catorce de sus miembros.

Esperamos que los contenidos que incluye os sirvan, y nos sirvan, de inspiración.

Ahora sí,

DAVID BUENO Y ANNA FORÉS
Editores científicos de esta obra

1. El acceso a la universidad: empecemos por el principio¹

— David Bueno

Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo; Departamento de Genética, Microbiología y Estadística; Facultad de Biología; Universitat de Barcelona

Los inicios son importantes, porque marcan la tendencia posterior. Lo mismo sucede en la universidad. El acceso a los estudios universitarios o, más bien, cómo se accede, ejerce un impulso en su desarrollo, en la forma de realizar la tarea docente y en la manera en la que lo afrontan los estudiantes. En la mayor parte de los países del mundo, para entrar a la universidad se han de superar una serie de pruebas. Estas pruebas sirven para garantizar un grado mínimo de conocimientos y saberes en los estudiantes. Pero también se usan para «ordenarlos» en función de la puntuación que alcanzan, lo cual se utiliza para que los alumnos puedan elegir qué grado universitario van a cursar. De hecho, por desgracia, este acaba siendo el objetivo principal de los estudiantes y de muchos docentes: conseguir las puntuaciones más elevadas posibles, no (necesariamente) los mejores saberes en los alumnos, lo cual genera en muchos casos, ya de inicio, un alto grado de competitividad individualista.

1. Este capítulo está basado en un trabajo de innovación en evaluación de bachillerato dirigido por el autor de este capítulo por encargo de la Subdirecció General d'Ordenació Curricular del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya.

1. Introducción: la influencia de las pruebas de acceso a la universidad

Aquellos grados con una alta demanda tienen notas de acceso más elevadas, o mucho más elevadas, que los que tienen poca demanda. Básicamente, se aplica la ley de la oferta y la demanda. A pesar de que, ciertamente, este tipo de pruebas facilitan las gestiones administrativas para acceder a un grado u otro y, lo que también es importante, garantizan un nivel adecuado de equidad, presentan una serie de cuestiones de base que pueden viciar el sistema, afectando tanto al desarrollo de los propios grados universitarios como también, por contagio, a los estudios de secundaria y bachillerato, puesto que los docentes que están al cargo de estos estudios preuniversitarios deben preparar a sus estudiantes de forma específica para las pruebas de acceso a la universidad.

Este sistema no garantiza la vocación de los estudiantes cuando inician sus estudios universitarios, dado que algunos o muchos de ellos tiene que matricularse en grados distintos de los que inicialmente querían. Tampoco valora otras muchas cualidades que pueden y que van a ser necesarias, e incluso imprescindibles, como la capacidad de colaborar y de generar aprendizajes y conocimientos de forma sinérgica, aprovechando las cualidades de los distintos miembros del grupo. En cierto modo, influye no solo en cómo se van a desarrollar profesionalmente, sino también en cómo van a estructurar la sociedad que generen cuando lleguen a la plena adultez.

Además, la tipología de los ejercicios que los alumnos han de realizar en las pruebas de acceso a la universidad y la forma como se valoran ejercen una influencia enorme en cómo se imparte la docencia durante el bachillerato, y, por consiguiente, también en cómo los estudiantes van a percibir sus estudios futuros en la universidad. Pese a que recientemente, en algunos país, comunidades o materias se han empezado a valorar otras cuestiones más allá de los simples conocimientos académicos, como, por ejemplo, la capacidad o la habilidad de relacionar estos conocimientos en contextos que anteriormente eran desconocidos por los estudiantes, o la capacidad de argumentar

de forma crítica y de generar nuevos conocimientos a partir de aplicar los que se poseen en situaciones novedosas, queda mucho camino por recorrer. En general, gran parte de las pruebas siguen centradas, de forma prioritaria, en los «simples» saberes académicos adquiridos.

En este capítulo no pretendo discutir formas alternativas a las Pruebas de Acceso a la Universidad (PAU o EvAU, según las comunidades), sino sobre de qué forma la tipología de preguntas que se emplean puede favorecer, a través de la acción de los docentes en el bachillerato y en la universidad, la formación de estudiantes con una capacidad crítica y argumentativa más elevada, unas cualidades que son imprescindibles en un mundo dinámico y cambiante, donde el aprendizaje continuo se ha convertido en la tónica principal. Para ello, se expondrán tres tipologías de pregunta que permiten combinar las competencias que considero clave en cualquier tipo de educación superior: la gestión y la comunicación de la información, que posibilite la generación razonada y argumentada de nuevos conocimientos; la resolución de problemas, cuestiones y retos a partir de la aplicación integrada de los aprendizajes, utilizando las informaciones, conocimientos y saberes pertinentes; y la capacidad para emitir juicios y desarrollar pensamiento crítico a través de la utilización reflexiva, razonada y argumentada del conocimiento y de los saberes para generar sabiduría.

2. Pruebas con base neuroeducativa

La incorporación de la indagación en la enseñanza superior es una realidad en la mayor parte de los países, y la literatura muestra cierto grado de acuerdo acerca de cómo debe ser el currículo que incorpore la indagación y las buenas prácticas. Sin embargo, no se ha llegado a este mismo consenso sobre el enfoque de la evaluación de la indagación y la relación entre contenido conceptual y procedimental, o entre saberes y habilidades y actitudes. Tradicionalmente, en la mayoría de las preguntas se pedía a los estudiantes que explicasen los fenómenos de forma académica y, por lo tanto, enfatizaban el conocimiento con-

ceptual, las informaciones. En contraste con esto, las preguntas de indagación, de reflexión y de argumentación, e, incluso, de generación de nuevos conocimientos, son mucho menos frecuentes y, a menudo, cerradas, con demandas repetitivas.

Sin embargo, en un entorno dinámico y cambiante como en el que nos desenvolvemos como personas, donde abundan las novedades y las incertidumbres y donde los conocimientos han de interrelacionarse de forma sinérgica y dinámica, una de las principales funciones de los aprendizajes (y esto incluye también, de manera especial, tanto el bachillerato como los estudios superiores y universitarios) debe ser sentar unas bases relacionales sólidas, fluidas, flexibles y aplicables a cualquier situación nueva. Estas bases han de permitir, facilitar y promover la construcción de proyectos de vida individuales y sociales fundamentados en el conocimiento del entorno y de uno mismo, desde una perspectiva tanto cognitiva como socioemocional. Hablo de proyectos que tienen como ejes centrales la gestión de la información y la generación de conocimiento, la reflexión crítica, el razonamiento, la motivación, el esfuerzo proporcionado y realista, la creatividad y la capacidad de innovación, el reto accesible y el empoderamiento.

Este es el sistema que usa el cerebro de forma instintiva para adquirir conocimientos que estén vinculados con el entorno. De hecho, desde una perspectiva biológica y evolutiva, aprender constituye una de las principales adaptaciones para la supervivencia con que contamos como especie biológica. El cerebro aprende del entorno para crear una «base de datos» suficiente que le permita anticiparse a las novedades e incertidumbres. Si, a través de esta anticipación, intuimos una posible amenaza, rehuirla o prepararse para hacerle frente contribuye a la supervivencia. Y si implica una oportunidad, estar receptivo a ella contribuye a poderla aprovechar, en beneficio propio y de la sociedad.

En cualquier caso, no basta con tener una buena base de datos. Disponer de un conjunto amplio de conocimientos factuales memorizados es necesario, pero es solo el principio. También hay que tener la habilidad de combinarlos y relacionarlos de manera flexible, novedosa y creativa, para poder afrontar unos procesos de anticipación que, precisamente, sirven para encarar las novedades y lo imprevisible.

Dicho de otro modo, una prueba de acceso a la universidad en la que se valoren casi exclusivamente los conocimientos enciclopédicos no representa ni favorece el instinto biológico de aprender. Y, además, si tenemos en cuenta el efecto de contagio que ejercen estas pruebas, que, recordemos, son cruciales para que los estudiantes puedan elegir qué estudios superiores desean cursar, sobre los estudios previos de bachillerato e incluso de secundaria, y también sobre los universitarios posteriores, se altera el proceso cerebral natural de adquisición y de gestión de los conocimientos.

Por esta razón, cada vez se están potenciando más de forma explícita las evaluaciones mediante preguntas competenciales, al menos en los currículums educativos. La evaluación de los aprendizajes que se alcanzan en el bachillerato tiene que ser un reflejo y, a la vez, un estímulo que incentive y valore el trabajo competencial no solo en esta etapa educativa, sino en todas las anteriores. Y, cómo no, también ha de influir en las posteriores, en la universidad, tanto en las demandas que hagan los estudiantes como en la forma de realizar la docencia y de evaluar los aprendizajes, también competencialmente a partir de los tres puntos que he mencionado al final de la introducción. Así, la evaluación debe estar enfocada hacia la autoconstrucción proactiva del estudiantado en este entorno dinámico y cambiante, con criterios éticos y de sostenibilidad, que lo capacite para prosperar en las etapas formativas, profesionales y vitales posteriores.

3. Sobre la información, los conocimientos y los saberes para profundizar en la sabiduría

*Educ*ar es, de acuerdo con el *Diccionario de la lengua española*, «ayudar (a alguien) a desarrollar sus facultades físicas, morales e intelectuales; transmitir (a alguien) conocimientos, actitudes, valores o formas de cultura». Incluye, por consiguiente, mucho más que la mera transmisión de conocimientos enciclopédicos. En este contexto, el *aprendizaje competencial* es aquel que, para dar respuesta a las necesidades del alumnado, pide reflexión e investigación, no solo memorización;

exige un esfuerzo proporcionado y realizable; permite la aplicación de los aprendizajes previos; moviliza diversas competencias físicas, cognitivas, intelectuales o socioemocionales, dependiendo de cada caso, a partir de un reto asequible; y valora de forma asertiva y proactiva, para mantener el estímulo y la motivación a continuar progresando académica, cognitiva y socioemocionalmente.

De acuerdo con las definiciones preliminares anteriores, considero necesario distinguir entre cuatro conceptos relacionados; *información*, *conocimientos*, *saberes* y, también, *sabiduría*. La *información* es la posesión de datos. Las pruebas basadas únicamente en las informaciones aprendidas implican la reproducción rutinaria de estas informaciones, como sería, por ejemplo, hacer cálculos y aplicar fórmulas mecánicamente, recitar listas de nombres o reproducir textualmente procesos o nociones históricas, entre otras cosas, respondiendo a la literalidad de las preguntas y problemas planteados sin ir más allá.

Los *conocimientos* son el conjunto de nociones y principios que una persona adquiere a partir del estudio, la observación o la experiencia. Se construye con informaciones y saberes aprendidos previamente y también provenientes de nuevas fuentes. Comporta comprenderlos reflexivamente y analizarlos de forma crítica a fin de generar argumentos y nuevo conocimiento. Los conocimientos, entendidos como el conjunto de aprendizajes de un individuo, son transferibles a contextos nuevos y se concretan en la consecución plena de las competencias específicas de las materias.

Los *saberes*, por su parte, son el conjunto de informaciones, conocimientos, destrezas, valores y actitudes propios de un área o materia. Junto con las capacidades que se desarrollan en el alumnado, constituyen el pilar de las competencias específicas de las materias. Para dar sentido a los saberes, es preciso situarlos en un contexto concreto real y ligarlos a la resolución de una cuestión, problema, reto o necesidad. Los saberes cobran sentido cuando se problematizan y contextualizan, por lo cual los contenidos se formulan en relación con una acción y un contexto.

Finalmente, la *sabiduría* es la capacidad de utilizar el conocimiento y los saberes de forma razonada y consciente, con criterios éticos,

individual y socialmente. Parte, pues, de los saberes y de los conocimientos, y, en consecuencia, también de la información, pero requiere de su análisis reflexivo y crítico en un contexto concreto.

Para valorar los saberes y conocimientos del estudiantado, resulta imprescindible realizar las preguntas en un contexto determinado. El *contexto* es el conjunto de factores de situación y de orden socio-cultural, interpersonal e intrapersonal de acuerdo con los cuales se interpretan apropiadamente los elementos que lo constituyen, tanto los que están presentes como los que se derivan de ellos. Aplicado a los procesos de aprendizaje, alude al uso de ejemplos de la vida real para aprender o evaluar (evaluación formativa) a través de la experiencia real y práctica, y no solo a través de elementos teóricos reproducidos de forma rutinaria.

Así, una pregunta que sea realmente competencial debe estar formulada en forma de un problema o como un reto situado en un contexto concreto. En una pregunta competencial y, por tanto, contextualizada, las respuestas también han de incorporar los elementos del contexto para que sean razonadas y argumentadas. Estas respuestas deben aplicarse directamente a este contexto. De lo contrario, no sería un contexto, sino un pretexto. Y tienen que incluir saberes para poder evaluar el conocimiento. Esto conlleva la interacción reflexiva, razonada y argumentada de informaciones, destrezas y visiones previamente aprendidas, de informaciones nuevas y de deducciones válidas.

Ahora bien, ¿cómo podemos llevar esto a la práctica en una prueba evaluativa?

4. La propuesta: tres tipologías de pregunta para unas competencias transversales

Dentro de este esquema general, existen tres componentes esenciales que considero primordiales para satisfacer las necesidades integrales de aprendizaje del alumnado de bachillerato y universitario, tanto para su desarrollo personal y vital, esto es, cognitivo y socioemocional, como profesional. Estos tres componentes se describen seguidamente.

4.1. Gestión y comunicación de la información

Este componente comporta un paso reflexivo, razonado y argumentado de la información al saber de cara a avanzar en la generación de nuevo conocimiento y en innovación.

Consiste en buscar información relacionada con un problema o temática propio de la materia en fuentes diversificadas (digitales y no digitales), analizarla, contrastarla, sintetizarla y valorar su fiabilidad para construir conocimiento que posibilite la toma de decisiones fundamentadas y la elaboración de producciones posteriores. Incluye el uso de conocimientos previos curriculares. Asimismo, pasa por utilizar distintos lenguajes y sistemas de comunicación como instrumento de representación, interpretación y comprensión de la realidad, de construcción y transmisión del conocimiento, y de organización y autorregulación del pensamiento, la metacognición, las emociones y la conducta. Estas capacidades deben permitir generar conocimiento encaminado a dar respuesta a una problemática derivada tanto del ámbito académico como de los medios de comunicación o de la vida cotidiana, centrada en las competencias específicas y en los saberes propios de cada materia.

A tal efecto, es preciso presentar un contexto con un problema o temática propio de la materia de forma motivadora e inspiradora, que implique un reto accesible a través de un esfuerzo proporcionado y adecuado, relacionado con las competencias específicas y los saberes de la materia curricular, pero que, preferentemente, no esté especificado de esta misma manera de forma explícita en el currículum, a fin de que el alumnado pueda hacer transferencias. Por ejemplo, ofreciendo una breve colección de documentos de apoyo (textos, gráficos, tablas, esquemas, imágenes, ilustraciones, etc., en función de la idiosincrasia académica de cada materia curricular) que aporten información diversa y útil para resolver el problema o para desarrollar la temática, para terminar haciendo una demanda concreta y clara en relación con el problema o temática que evite cualquier ambigüedad.

4.2. Resolución de problemas a partir de la aplicación integrada de los aprendizajes

Este componente comporta la utilización de informaciones y movilización de saberes, así como la generación de nuevo conocimiento.

Consiste en movilizar los saberes y aprendizajes adquiridos de carácter cognitivo o instrumental propios de la materia curricular, así como en manejar los recursos disponibles y distintas formas de razonamiento con vistas a interpretar y dar respuesta a una variedad de situaciones, independientemente de la disciplina de la que provengan. Puede implicar, por ejemplo, la producción de textos que respondan a un formato y situación determinada; el diseño de una investigación experimental, correlacional, histórica, descriptiva, causal-comparativa, analítica, interpretativa, etc., aplicada a la comprobación de una hipótesis; el desarrollo de soluciones a problemas situados en contextos diversos, relacionados entre sí, y restringidos a las competencias específicas y saberes de la materia; la generación de gráficos o esquemas; la realización de cálculos numéricos; la producción de elementos artísticos, imágenes o ilustraciones, etc., según la idiosincrasia académica de cada materia curricular y, en general, de cualquier producto relacionado con los propios aprendizajes.

Para ello, es preciso presentar un contexto relacionado con los aprendizajes propios de la materia (competencias específicas y saberes), pero tiene que aportar informaciones nuevas, desconocidas por el estudiantado. Un problema concreto que, para su resolución, requiera por fuerza los aprendizajes curriculares de la materia y también su transferencia al contexto planteado. De cara a favorecer la transversalidad dentro de cada materia curricular, es crucial la diversificación de los *inputs* que proporcionan las informaciones (textos, gráficos, tablas, imágenes o ilustraciones, esquemas, etc.), para terminar requiriendo que el alumno establezca las relaciones pertinentes entre los diferentes *inputs* informativos y los aprendizajes de la materia (competencias específicas y saberes) para poder resolver el problema. Y siempre pidiendo que la respuesta se aplique directamente al contexto.

4.3. Juicio y pensamiento crítico

Este componente consiste en la utilización reflexiva, razonada y argumentada del conocimiento para generar sabiduría.

En el pensamiento crítico se analiza, interpreta y evalúa con criterios lógicos y desde una perspectiva ética tanto la consistencia de los razonamientos como la pertinencia de las decisiones, las consecuencias derivadas de un acto o la resolución de una problemática, a fin de tomar decisiones y actuar consecuentemente, siendo conscientes de la responsabilidad propia. En este sentido, conviene aclarar que, cuando se habla de *perspectiva ética*, se hace referencia a «reflexión sobre principios y valores». El aspecto evaluable es la capacidad de reflexionar razonada y argumentadamente en función de los aprendizajes de la materia (saberes y conocimientos), y la confrontación también razonada y argumentada con posibles contraargumentos; en ningún caso sobre el posicionamiento ideológico o deontológico del alumno sobre la cuestión que se plantea.

Incluye, también, la capacidad de interpretar los razonamientos de otros en relación con los propios, realizando los cambios de perspectiva necesarios, distinguiendo los elementos racionales de los socio-emocionales, a través de procesos de metacognición (pensar sobre los propios pensamientos y sobre los propios procesos de pensamiento). Los aprendizajes de la materia deben aplicarse a contextos y situaciones reales, revisando y evaluando ideas, pensamientos o razonamientos, y haciendo propuestas de acción justificadas y coherentes con los argumentos enunciados.

A tal fin, se ha de presentar una situación polémica o susceptible de debate derivada del campo de conocimiento de la materia, en la cual intervengan aprendizajes derivados de la materia, y donde se pida al estudiante que se posicione en relación con la situación, para que enuncie una serie de argumentos válidos desde el punto de vista curricular de la materia que sustenten dicho posicionamiento, y solicitándole, también, que confronte los propios argumentos con posibles argumentos divergentes o contrarios (contraargumentos).

En definitiva, se trata de favorecer procesos de evaluación caracterizados por la crítica reflexiva, razonada y argumentada no solo de los conocimientos y saberes, sino también de los procesos que los generan, en contextos reales cuya dificultad sea adecuada al nivel del estudiantado y de los saberes curriculares de cada materia.

5. Bibliografía

- Bueno, D. (2019). *Neurociencia aplicada a la educación*. Síntesis.
- Bueno, D. (2022). *El cerebro del adolescente*. Grijalbo.
- Bueno, D. (2024). *Educa tu cerebro*. Grijalbo.
- Bueno, D. y Forés, A. (coords.) (2020). *La práctica educativa con mirada neurocientífica*. Horsori.
- Clayton, A. A., Smith, M. K. Y Williams, N. M. (2016). *Developing and Assessing College Student Teamwork Skills*. Jossey-Bass.
- Essomba, M. A. (2017). *Competencias clave en educación: De la OCDE a la práctica educativa*. Graó.
- Grau, R. (2022). *Educar per a la vida: els reptes de la secundària al segle XXI*. ROSA VENTS.
- Magni, P., Taras, F. y Morgagni, A. (2018). *Critical Thinking, Active Learning, and the Flipped Classroom Model in Higher Education*. IGI Global.
- Mendieta, J. B. (2021). El aprendizaje basado en problemas para mejorar el pensamiento crítico: revisión sistemática. *INNOVA Research Journal*, 6(2), 77-89.
- Peña, P. y Tejada, J. (2014). *Competencias básicas y currículo: De la teoría a la práctica en la educación obligatoria*. Síntesis.
- Sastre, G. (2018). *El aprendizaje basado en problemas* (vol. 235004). Gedisa.
- Tatnall, A., Coach Kereteletswe, O. y Visscher, A. (2010). Key Competencies in the Knowledge Society. En: *Proceedings of the IFIP TC 3 International Conference, KCKS 2010*. Springer.
- VV. AA. (2021). *Actividades propuestas de evaluación de bachillerato*. Departament d'Educació, Generalitat de Catalunya. <https://projectes.xtec.cat/nou-curriculum/batxillerat/activitats-avaluacio>

Zabala, A. (2009). *La importància de les competències bàsiques en l'educació secundària i universitària*. Graó.

2. Progreso, persistencia, asistencia para diluir: abandonos, absentismos y otros «ab»

— Anna Forés,¹ Teresa Hernández,² Marta Ligioiz³ y Carme Trinidad⁴

Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st

¹Departamento de Didáctica y Organización Educativa; Facultad de Educación; Universitat de Barcelona

²Pedagoga especializada en *e-learning*, competencias digitales y aprendizaje colaborativo. Profesora colaboradora de la UOC y la Universitat de Barcelona

³Codirectora y docente del Diploma de Especialización de Neuroeducación de la Universitat de Barcelona

⁴Profesora asociada de Prevención y Seguridad Integral de la Universitat Autònoma de Barcelona. Coordinadora del máster en Neuroeducación Avanzada de la Universitat de Barcelona

El capitán sabio tiene en cuenta los vientos y las corrientes, se ajusta a ellos cuando van contra el rumbo del barco y se aprovecha de ellos cuando van en la misma dirección. Los malos capitanes insisten en que solo importa el timón, de forma que acaban estrellados contra las rocas o a la deriva.

JOHN BARGH

La docencia universitaria no es ajena a los cambios que se producen entre el alumnado. Por ello, existen muchos foros nacionales e internacionales que promueven y llevan a cabo estudios para poder identificar cuál es el perfil de la persona que decide estudiar en la universidad. Entre ellos, podemos destacar la iniciativa de la Unesco que recoge los datos de una consulta pública abierta durante 10 semanas, entre mayo y agosto de 2021, con 1199 respuestas válidas de 97 países.

También la Xarxa Lluís Vives d'Universitats realiza una encuesta (Via Universitària) cuyo objetivo es conocer al estudiantado univer-

sitario. En la edición del informe 2020-2021 respondieron 49.291 estudiantes, de los cuales 6241 fueron alumnos de máster y el resto, de los grados universitarios. Se hizo entre febrero y marzo de 2021 y contó con la muestra más grande de todas las ediciones del informe hasta la fecha.

1. Diagnósis

Veamos algunas conclusiones destacadas en las que coinciden estos dos documentos de referencia en relación con el perfil y el contexto del estudiante universitario actual:

- Menor calidad de vida, con deterioro en el bienestar emocional. Mayor estrés e incertidumbre. Un clima de prisas y aumento de contenidos.
- Persisten las desigualdades de clase (siguen acudiendo a la universidad mayoritariamente jóvenes de clase alta) y de género.
- Menor capacidad de reflexión ante la avalancha de información. Menor capacidad de atención mantenida y búsqueda de medios rápidos de acceso a información, como audiovisuales o inteligencia artificial.
- Falta de comprensión del alumnado en lo que se les requiere. Falta de flexibilidad ante cambios o sobre cómo aplicar los contenidos.
- Aumento del absentismo y del abandono de asignaturas.
- Y, probablemente como suma de todo un poco, aumento global de la insatisfacción universitaria (manifestada por un 59 % de los participantes en la encuesta de la Xarxa Lluís Vives).

Dado el actual contexto y estas evidencias, quizás no deberíamos extrañarnos de que esté ocurriendo. Parece esperable que el alumnado universitario pueda ausentarse o estar presente y ausente a la vez. ¿Qué razones o motivos nos expresa el estudiantado para justificar no asistir a clase? En el mismo informe de la Xarxa Lluís Vives que citábamos al inicio, hallamos algunas respuestas:

- Aprovechan más el tiempo estudiando por su cuenta, preparando las asignaturas con los materiales facilitados.
- No les gusta la manera en que se imparten las clases.
- Se enfocan en preparar exámenes, trabajos o pruebas.

En nuestra vida escolar podemos transitar una infancia donde todavía se nos permite aprender jugando, es un pequeño oasis en el cual las prioridades y el cuidado humano están más presentes. A medida que crecemos, lo lúdico y experiencial se antoja innecesario, incluso un elemento distractor, y las aulas se estancan en ser receptáculos de cabezas pensantes, máquinas de memoria, más que seres con cuerpo y vida. Los conceptos, los contenidos, se convierten en monstruos que hay que vencer, que recordar a base de fuerza de voluntad, repetición y exámenes. Y un universo docente muestra claramente las expectativas sobre el alumnado. Lo que se espera para ser admitido, aceptado, valorado. Nos olvidamos de la vida para sucumbir a un timón rígido que no ve más allá. La motivación se va esfumando progresivamente.

Bargh nos habla de todo un mundo inconsciente que a menudo ignoramos en pos de una racionalidad, o de un currículo, como único recurso y brújula válida.

La universidad es el eslabón donde se agudiza el proceso represor, cuando podría ser el momento álgido de desplegar las alas y descubrir el mundo con todo su potencial. Donde cada persona encuentre su propio modo de navegar y la dirección que elige.

Las aulas universitarias mantienen esas filas de mesas fijas, asientos donde la mirada y el centro de atención es el profesorado. Crece la cantidad de contenidos a recordar y nos lamentamos cuando la salud mental de los jóvenes los lleva a la autólisis, depresiones y abandono. ¿Cuánto hay de supervivencia en todo este proceso? ¿Cuánto de asombro y de creatividad desbordante? ¿Cuánto de pasión, coherencia y sentido vital?

2. Propuestas

Desde la neuroeducación, la vida y el aprendizaje discurren por caminos similares, sea cual sea la edad a la que nos refiramos. Para aprender, necesitamos disfrutar, responder a nuestra curiosidad, percibir coherencia y sentido en lo que hacemos. Construir y colaborar en grupo. Sentir que ampliamos o mejoramos nuestros recursos y habilidades.

En *Caminos hacia 2050*, de Unesco-IESALC, cuando se pregunta sobre el futuro de la educación superior poniendo el horizonte en 2050, las personas encuestadas destacan lo siguiente:

- Educación superior para todos («Disponible y asequible para todos»; «Más impulsada por la justicia social»; «Inclusión con calidad»)
- Centrada en el estudiante («Impulsada por la elección del estudiante»; «Habilidades para la vida y para una ciudadanía responsable»; «Acción orientada a los valores»)
- Organización del conocimiento («El aprendizaje está en todas partes»; «Formación de buenos profesores»; «Diversos conocimientos y formas de conocer, enseñar y aprender»; «Sustentado en la investigación innovadora»)
- Conectada a diferentes niveles («Servir a la sociedad de forma inclusiva»; «Mejorar la situación del planeta»; «Un contexto global con esencia local»; «Educación superior sin fronteras», p. 25)

Algunas propuestas neuroeducativas conectadas con estas ideas y que pueden ayudar a materializarlas son:

- *Cambiar los espacios*, las aulas. Pasar del paradigma del centro de atención en el profesorado al centro de atención en el alumnado. Cuando el alumnado es el centro, es muy difícil que pierda la atención si está elaborando, reflexionando, creando, participando. Las aulas han de facilitar estas dinámicas con su mobiliario. Con sillas y mesas móviles, creando escenarios adaptables, donde todos

los alumnos se puedan ver unos a otros y, otras veces, creando espacios de trabajo en pequeños grupos. Sobre estas cuestiones, se han comprobado los beneficios en las funciones ejecutivas del alumnado.

Citamos a Alfredo Hernando, en *Viaje a la escuela del siglo XXI*:

En las escuelas 21 el espacio educa, se dirige a facilitar el aprendizaje. El diseño inteligente del espacio representa a un nuevo docente. Los espacios nos configuran y nos definen. Son, al lado de alumnado y educadores, el tercer profesor.

Y no solo en el aula. El aprendizaje ha de salir afuera, para experimentar, investigar, contactar con expertos de cada ámbito, con entornos sociales, empresariales, etc. Un aprendizaje activo y cooperativo. El aprendizaje está en todas partes.

- *Generar vínculos y clima de confianza* que reduzcan el estrés y la vulnerabilidad. Somos seres sociales, nuestro cerebro es social. La etapa de comienzo universitario se desarrolla habitualmente en plena adolescencia hasta la juventud, sin llegar a ser adultos. La corteza prefrontal (sede de las funciones ejecutivas) no madura hasta los veintitantos años. Quiere esto decir que la universidad acoge a un alumnado en pleno proceso de maduración prefrontal, donde los cambios neurobiológicos de la adolescencia son cruciales.

Un clima de cooperación, de conocimiento mutuo y de expresión conjunta se asocia a una menor reactividad de las amígdalas cerebrales (centros de alerta emocional), pudiendo disfrutar de mayor actividad de la corteza prefrontal, mejorando las funciones ejecutivas y la motivación.

La idea es agilizar y ganar tiempo para después, con mayor facilidad para el trabajo en equipo y con una disminución del estrés. Menos conflictos externos e internos.

La cooperación en sí misma activa las redes neuronales de la motivación, con un aumento de dopamina, neurotransmisor necesario para la curiosidad, el placer de aprender y avanzar hacia

objetivos. Resumiendo, la cooperación genera una actividad óptima cerebral que favorece el aprendizaje.

Para evitar el absentismo, también es crucial considerar las necesidades individuales y fomentar valores. La educación ha de ser un vehículo que sirva a la persona, no viceversa. Debe «encender la llama» del aprendizaje, en lugar de, simplemente, «llenar un balde» con información.

- *Autonomía y cooperación.* El alumnado necesita ejercer su autonomía, tener espacio flexible para elegir y ahondar en contenidos. Esto desarrolla una capacidad de reflexión y pensamiento crítico esencial. Al mismo tiempo, la cooperación redundante en un crecimiento exponencial en el plano académico. Los debates, tertulias, aprendizaje inverso o *flipped learning* (con una información inicial a desarrollar y que después se comparte en el aula), así como la investigación compartida, estimulan la curiosidad, la motivación y el desarrollo de recursos.

Es importante, también, tejer redes, tanto internas como entre universidades, científicos y colectivos activos que promuevan un alumnado con referentes que alienten y renueven sus aspiraciones y talentos.

Asimismo, la auto- y la coevaluación aportan pensamiento crítico, autonomía y consciencia de la propia evolución (metacognición). Transformar las calificaciones en un proceso de aprendizaje y de coevaluación continuada aportará un gran cambio significativo.

Cabe destacar que la cooperación no se limita únicamente al estudiantado. Las evidencias científicas muestran cómo la colaboración entre el cuerpo docente emerge como un factor de alto impacto en el rendimiento académico. Esta sinergia contribuye a la creación de un entorno académico más sólido y efectivo.

- *Desarrollar las soft skills.* Las habilidades blandas, cada vez más valoradas en el ámbito laboral, tienen que recibir la misma atención que los contenidos académicos. Incluyen trabajo en equipo, pensamiento crítico, competencias en comunicación, autorregulación, resiliencia o gestión de conflictos. Abarca habilidades personales y

sociales, y desarrollan todas las funciones ejecutivas y la autorregulación emocional.

Desde la infancia hasta la universidad, estas habilidades son fundamentales para la autorrealización y la ciudadanía responsable. Capacitar a las nuevas generaciones para afrontar situaciones reales y convertirse en «pensadores de futuros» es esencial para su empoderamiento y éxito a largo plazo. En este sentido, su intervención social en los problemas y soluciones reales favorece una educación superior conectada con el mundo, innovadora y responsable.

El profesorado universitario también necesita el apoyo para formarse en diferentes campos neuroeducativos con miras a su mejor calidad de vida personal, profesional y social.

Ya hay algunas universidades que pueden servir de inspiración para otras instituciones educativas a la hora de priorizar aspectos fundamentales que redefinen la formación docente. Un elemento común en todas ellas es su enfoque centrado en el estudiante, reconociendo que el aprendizaje efectivo se produce cuando se coloca al estudiante en el núcleo de la experiencia educativa.

Algunas abogan por una orientación global, reconociendo la importancia de la visión amplia y la interconexión de conocimientos en un mundo cada vez más interdependiente. Otras destacan la experiencia educativa como catalizadora del aprendizaje, enfocándose en métodos pedagógicos innovadores que involucran a los estudiantes de manera activa y significativa. Otras han optado por estrategias que buscan la eficiencia, como la reducción de tiempo y costes, reconociendo la necesidad de hacer la formación más accesible y flexible para una variedad de estudiantes. En contraste, otras universidades se orientan hacia el aprendizaje en equipo, subrayando la importancia del trabajo colaborativo en la adquisición de habilidades y conocimientos.

Estas universidades líderes comprenden que la formación del profesorado debe evolucionar para abordar no solo el aspecto académico, sino también las dimensiones cognitivas, emocionales y sociales de

los estudiantes. Esta comprensión integral de la educación permite al docente no solo transmitir conocimientos, sino también desarrollar habilidades socioemocionales y cognitivas en sus estudiantes, preparándolos para enfrentarse a los desafíos presentes y futuros.

Es relativamente sencillo, cuando pensamos en el alumno que no acude a clase, juzgarlo de flojo, pasota, irreflexivo e irresponsable. Pero, para encontrar respuestas, hemos de mirarnos y preguntarnos: ¿qué, cómo y para qué hacemos lo que hacemos? La locura está en hacer lo mismo y esperar resultados diferentes.

Mirémonos y observemos las corrientes, los vientos y las mareas, aprendamos de ellas para navegar con mayor sabiduría. Evitemos, de este modo, quedar a la deriva o chocar con las rocas que no vemos bajo las aguas.

3. Conclusiones

Para potenciar la motivación y la persistencia en la universidad, necesitamos apoyar un estado neurobiológico saludable, con un equilibrio óptimo de neurotransmisores que facilite y refuerce las funciones ejecutivas y la regulación emocional.

Si queremos universidades en las que palpite el progreso, la innovación, la motivación y la pasión, esos elementos que conducen a cambios disruptivos y generativos de una sociedad más activa, constructiva y creativa, hemos de empezar por cambiar los paradigmas del profesorado para viajar y para unirnos en un mundo cambiante que requiere una mirada más amplia hacia el horizonte. Podemos hacerlo juntos y renovar nuestra propia motivación y pasión, dando vida a nuestra misión, al *qué* y al *para qué*.

No dejes que termine el día sin haber crecido un poco (...)

WALT WITHMAN

4. Bibliografía

- Alejandro Baños, O. (2022). *Via Universitària: Accés, condicions d'aprenentatge, expectatives i retorns dels estudis universitaris (2020-2022)* [resumen ejecutivo].
- Bargh, J. (2018). *¿Por qué hacemos lo que hacemos?: el poder del inconsciente*. Ediciones B.
- Barrett, P. S. et al. (2017). The holistic impact of classroom spaces on learning in specific subjects. *Environment and Behavior*, 49(4), 425-451.
- Basagaña, X. et al. (2016): Neurodevelopmental deceleration by urban fine particles from different emission sources: a longitudinal observational study. *Environmental Health Perspectives*, 124(5).
- Batlle, R. (2020). *Aprendizaje-servicio: compromiso social en acción*. Santillana Activa.
- Casalprim, M. y Sabrià, B. (2022). *Via Universitària: accés, condicions d'aprenentatge, expectatives i retorns dels estudis universitaris*. Informe general 2020-2022. Xarxa Lluís Vives d'Universitats.
- Diamond, A. y Ling, D. S. (2020). Review of the evidence on, and fundamental questions about, efforts to improve executive functions, including working memory. En: *Perspectives from psychology, neuroscience, and human development* (pp. 143-413) Oxford University Press.
- Hattie, J. (2023). *Visible Learning for teachers: The Sequel: A Synthesis of Over 2.100 Meta Analyses Relating to Achievement*. Routledge.
- Hernando, A. (2015). *Viaje a la escuela del siglo XXI*. Fundación Telefónica.
- Iesalc, U. (2021). *Caminos hacia 2050 y más allá. Resultados de una consulta pública sobre los futuros de la Educación Superior*. Unesco
- Leone, P. (2019). *El cerebro que cura*. Plataforma actual.
- Meyer, J. H. F. y Land, R. (2003). *Threshold Concepts and Troublesome Knowledge: Linkages to ways of thinking and practising within the disciplines*. ETL Project, Universities of Edinburg
- Mora, F. (2019). *Solo se puede aprender aquello que se ama*. Alianza.
- Pastor, L. (2023). *¡Escucha, rector! Las universidades singulares crean nuevos modelos de aprendizaje*. Octaedro.
- Sapolsky, R. (2017). *Compórtate*. Capitán Swing.

3. Espacios que dejan huella

— Jesús Guillén

Creador de Escuela con Cerebro

La arquitectura y el diseño de los centros educativos reflejan su filosofía y condicionan su funcionamiento, por lo que no puede considerarse un factor secundario en el proceso de innovación educativa. Desde la perspectiva neurocientífica, se han publicado investigaciones analizando cómo reacciona el cerebro a los estímulos sensoriales que provienen del entorno construido. Este nuevo enfoque multidisciplinar llamado *neuroarquitectura* nos puede ayudar a entender cómo la arquitectura afecta a nuestro bienestar global físico, social, emocional y cognitivo. Y es que, como ya intuían los autores clásicos, los espacios educan. Son, al lado de estudiantes y educadores, el tercer profesor.

La investigación y las prácticas educativas actuales instan a reconceptualizar el diseño, desarrollo y uso de los espacios de aprendizaje en la educación superior. Asumiendo que, dado que los estudiantes han de estar en el centro de cualquier innovación que ocurra en los campus universitarios, es necesario contar con su aceptación y participación desde las primeras etapas, ya en la implementación de espacios de aprendizaje innovadores.

1. Neuronas que nos orientan

Uno de los grandes descubrimientos de la neurociencia en los últimos años ha sido demostrar las repercusiones directas de las emociones sobre el aprendizaje. Sabemos que generar un clima emocional posi-

tivo en el aula, gracias al cual los alumnos se sientan seguros y reconocidos, resulta imprescindible. Pero también lo es el entorno físico en el que se da el aprendizaje, puesto que afecta a nuestro cerebro. En los últimos años se han identificado neuronas en el hipocampo que se activan cuando estamos en una situación fija. Estas *células de lugar* participan de forma específica en la codificación de lugares, permitiendo la elaboración de un mapa cognitivo que nos informa de la posición que ocupamos en el espacio. También se han identificado *células de red*, que son neuronas de la corteza entorrinal que se activan cuando nos desplazamos, es decir, constituyen una especie de GPS cerebral que nos permite orientarnos en el mundo exterior. Los patrones de organización de algunas de estas neuronas pueden verse influenciados por la forma del espacio externo. Y, si el contexto en el que nos desenvolvemos tiene una incidencia en la esfera neuronal, también parece tenerlo en el nivel cognitivo, emocional o conductual.

Estudios recientes sugieren que las preferencias de las personas por los espacios arquitectónicos están determinadas por tres dimensiones psicológicas básicas que activan regiones concretas de la corteza visual: *coherencia*, *fascinación* y *familiaridad*. La coherencia se refiere a la facilidad con la que organizamos y comprendemos un espacio; la fascinación está ligada a la riqueza del espacio y si se siente la necesidad de explorarlo; mientras que la familiaridad hace referencia a la sensación de cercanía y comodidad que se siente por un espacio. Estas preferencias no se interpretan siempre de la misma forma. Por ejemplo, el patrón típico de preferencia por el diseño curvilíneo disminuye en personas con autismo e, incluso, los estudiantes universitarios de diseño industrial suelen preferir el diseño rectilíneo sobre el curvilíneo.

Junto a esto, conviene mencionar que la experiencia estética de los espacios interiores activa el sistema de recompensa cerebral, en el cual interviene la dopamina, un neurotransmisor ligado a la curiosidad y a la búsqueda de novedades. Este mecanismo de acción asociado a las experiencias positivas posibilita el aprendizaje. Efectivamente, los seres humanos tenemos una premisa motivacional fundamental: buscamos el placer y evitamos el dolor.

2. Espacios innovadores

Aunque no existe una definición estándar, los *espacios de aprendizaje innovadores* pueden describirse como espacios físicos y/o híbridos, centrados en el estudiante, flexibles, colaborativos, orientados al futuro y mejorados por la tecnología. Para ello, el diseño y desarrollo de espacios de aprendizaje innovadores ha de tener en cuenta a los estudiantes, por encima de todo, pero también a los docentes, el currículo y los recursos disponibles. Sin olvidar que todo el campus ha de desarrollarse facilitando el acceso de personas con discapacidad y restricciones de movilidad. Lo más importante es que los espacios estén pensados para mejorar la vida de las personas.

Se han identificado algunos elementos críticos que deberían reflejarse en los proyectos sobre espacios de aprendizaje innovadores: la *flexibilidad*, la *tecnología*, el *mobiliario* y el *comfort ambiental*.

2.1. Flexibilidad

En el contexto de los espacios de aprendizaje, también es necesario ser flexibles. Así pues, todo centro educativo debería disponer de entornos específicos como estudios, talleres o laboratorios que faciliten tanto el trabajo individual como el cooperativo, e incluso una enseñanza más formal, pero siempre desde una perspectiva interdisciplinar. Hasta podemos replantearnos el uso que damos a los espacios de una biblioteca. Junto a ello, aulas variadas (como en la etapa de infantil) en las que los estudiantes puedan desarrollar diferentes tipos de tareas multisensoriales que les permitan moverse, manipular, compartir, jugar, explorar, contrastar o descubrir, porque así es como aprende nuestro cerebro. Cuanto mayor sea la flexibilidad de los espacios de aprendizaje, mayor será el repertorio de metodologías que se pueden emplear.

2.2. Tecnología

Debemos aceptar con naturalidad el proceso de transformación asociado a la aparición de las herramientas digitales, así como ayudar a

nuestro cerebro plástico a adaptarse adecuadamente a este entorno tecnológico con tantas repercusiones educativas y que avanza tan rápido. La tecnología ni es la salvación ni es la perdición de la educación, simplemente se ha de considerar una herramienta pedagógica que puede y debe ser muy útil si se usa como conviene y en plena consonancia con los objetivos de aprendizaje identificados. Los recursos digitales llegaron para quedarse y se han de manejar como recursos al servicio del aprendizaje. Sin olvidar que el uso eficiente de la tecnología en el aula ayuda a mitigar las barreras en el aprendizaje.

En las aulas inteligentes se combina una gran variedad de tecnologías para optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje, como móviles, herramientas automáticas de comunicación, proyectores de vídeo, pizarras interactivas, sistemas de tutoría inteligentes, cámaras, sensores, impresoras 3D, *software* de reconocimiento facial e incluso módulos que efectúan el un seguimiento de una gran variedad de factores ambientales.

2.3. Mobiliario

La flexibilidad del mobiliario del aula posibilita moldear fácilmente el espacio para adaptarse a los objetivos de cada momento de la clase: trabajo cooperativo, debates, recreaciones teatrales, presentaciones de informes, tareas individuales de metacognición, evaluaciones grupales, etc. Todo ello en consonancia con la metodología utilizada por el docente que, hoy más que nunca, debería fomentar las habilidades clave del siglo XXI, como el pensamiento crítico, la creatividad, la colaboración y la comunicación. Todas ellas se pueden trabajar muy bien adoptando formas de pensamiento abiertas, lo cual puede conseguirse a través de proyectos transdisciplinares como los de aprendizaje-servicio, una estupenda forma de vincular el aprendizaje con situaciones reales.

Esto choca con la tradicional distribución de sillas y mesas en filas y columnas orientadas hacia el profesor, que promueven una menor interacción y participación en contraste con lo que ocurre cuando los alumnos están sentados en semicírculo o en mesas redondas, por

ejemplo. En consonancia con esto, resulta imprescindible disponer del necesario mobiliario móvil como escritorios y sillas con ruedas. Y la movilidad no se limita al entorno propio de aprendizaje, porque se ha comprobado que los escritorios de pie, además de representar una magnífica forma de combatir los comportamientos sedentarios durante la jornada escolar, conllevan mejoras en pruebas que miden el funcionamiento ejecutivo de los estudiantes.

2.4. Confort ambiental

En las universidades tradicionales, los estudiantes pasan la mayor parte de su tiempo en el campus. En este sentido, la influencia de los elementos ambientales como la iluminación, la calidad del aire interior, la acústica y la temperatura es tremenda. Iluminar de forma adecuada el aula con luz natural y posibilitar vistas externas puede mejorar la concentración del alumnado, ya que incide positivamente en su bienestar físico y emocional. Y se han identificado beneficios de la luz natural en su rendimiento académico.

Para cumplir las condiciones de buena iluminación sin deslumbramiento, son muy útiles las ventanas grandes que no reciban directamente la luz solar, lo cual ocurre, en el hemisferio norte, cuando están orientadas hacia cualquier dirección que no sea el sur. Y, si los estudiantes realizan las tareas académicas en aulas con ventanas abiertas que dan a espacios verdes, mejora su atención ejecutiva mientras las hacen. En general, acercar la naturaleza a los campus universitarios conlleva beneficios cognitivos, emocionales, sociales, físicos y conductuales. El desarrollo evolutivo de nuestra especie se ha dado en espacios abiertos, en contacto directo con la naturaleza, y ello ha generado circuitos cerebrales que responden de forma específica a este tipo de entornos. Incluso el uso de plantas en las aulas para la estimulación visual puede mejorar sustancialmente la relajación fisiológica de los estudiantes (menor frecuencia cardiaca, menor actividad del sistema nervioso simpático y mayor actividad del sistema nervioso parasimpático). Y, hablando de plantas, sabemos que los olores pueden afectar-nos a nivel emocional, conductual y cognitivo. Más que ningún otro

sentido, el olfato nos recuerda el pasado reviviéndolo activamente. En el contexto del aula, los olores agradables y desagradables pueden inducir estados de ánimo agradables y desagradables, respectivamente, incluso cuando están presentes en concentraciones muy bajas.

Por otra parte, tanto la temperatura como la ventilación pueden afectar a la concentración y al rendimiento a corto plazo, como en el caso del pensamiento lógico, por ejemplo. Nuestro cerebro es muy sensible a la temperatura, y ello puede tener una repercusión tanto cognitiva como afectiva. Algunos estudios sugieren que un rango de temperatura ideal para favorecer el aprendizaje estaría entre los 20 °C y los 23 °C, aproximadamente, y que la humedad relativa debería rondar el 50 %. Relacionado con esto, un factor importante puede ser el control de las condiciones térmicas en el aula. Asimismo, la mejora de la calidad del aire interior puede reducir ostensiblemente los efectos del asma, que afecta a tantos millones de personas en el mundo, aspecto especialmente relevante si admitimos que los estudiantes pasan gran parte de su tiempo en espacios interiores. Asimismo, se ha comprobado que el procesamiento cognitivo se ve afectado cuando estamos expuestos a la contaminación del aire procedente del tráfico, lo que ocurre en centros educativos localizados en entornos urbanos.

Otro factor importante son las características acústicas de los espacios. La existencia de problemas acústicos asociados a la mala ubicación del aula compromete la atención del alumnado. El ruido afecta el desempeño en las tareas de los estudiantes y su comportamiento en el aula. Los adolescentes, por ejemplo, recuerdan menos la información cuando están expuestos a niveles sonoros que simulan situaciones cotidianas. Ello sugiere la necesidad de disponer de entornos de aprendizaje específicos, tal como explicamos al analizar la flexibilidad de los espacios. Unos que posibiliten una participación más activa de los estudiantes (trabajo cooperativo, por ejemplo) y otros en los que se pueda realizar un trabajo de introspección (tareas de metacognición, por ejemplo) que son tan importantes de cara a mejorar las funciones ejecutivas. En el caso del diseño de espacios educativos, es crucial que las aulas estén insonorizadas. Y se ha com-

probado que el simple sonido del agua que fluye puede promover la creatividad y contribuir a que el espacio sea relajante.

3. Emoción en el espacio y en el aprendizaje

El diseño del espacio educativo ha de favorecer la creación de climas emocionales positivos, algo que resulta necesario en el aprendizaje. El aula ha de trasladar mensajes positivos. Desde la perspectiva del diseño arquitectónico, características como el volumen, el orden, la proporción, la altura o la geometría tienen un impacto en las emociones de las personas. Por ejemplo, los lugares amplios y con techos altos invitan a quedarse más tiempo que los lugares estrechos con techos bajos, aunque se ha descubierto que la preferencia de las personas por la altura del techo alcanza un máximo de 3 metros, aproximadamente.

En general, las personas solemos preferir los objetos y espacios curvilíneos a los rectilíneos. Las formas angulares se perciben como más serias y duras en comparación con las formas curvilíneas, que se experimentan como más suaves. La preferencia por la curvatura podría resultar de la estimulación óptima del sistema visual por parte de la geometría. Para contribuir positivamente al bienestar de los ocupantes, es importante que las características del diseño arquitectónico se adapten a las preferencias estéticas del sistema visual humano. Por ejemplo, el uso de geometrías extremadamente complejas que carezcan de simetría puede abrumar a los ocupantes de los edificios. Tenemos más probabilidades de calificar una imagen de un espacio abierto como bella en comparación con una imagen de un espacio cerrado y, en general, las personas solemos evitar un espacio cerrado en comparación con un espacio abierto. Al visualizar espacios cerrados regiones específicas del cerebro asociadas al procesamiento del miedo están particularmente activas. Una razón más para educar fuera del contexto clásico del aula. Otra opción sería abrir el espacio del aula tirando paredes, aprovechando pasillos, conectando aulas, etc.

Una de las características significativas de nuestro cerebro es la capacidad para establecer asociaciones y representaciones simbólicas.

Por ejemplo, los colores se asocian con significados concretos (el verde es el color de la esperanza y el rojo, el del peligro). Los estudios acerca de los efectos del color en los entornos de aprendizaje revelan sus efectos sobre las emociones y la fisiología de las personas que permanecen en ellos. Así, por ejemplo, colores fuertes, como el rojo, pueden excitar la actividad cerebral y afectan en mayor medida a las personas introvertidas o a las que tienen un estado de ánimo negativo.

En algún estudio se ha comprobado que combinar paredes blancas (o con colores claros) y el recurso a colores brillantes en accesorios como muebles o pantallas puede estimular el aprendizaje. No obstante, aunque la elección del color dependerá de la edad de los estudiantes y de las necesidades de las tareas, siempre hay tonos alegres que podemos controlar y modificar en diversos elementos del aula (pósteres, pantallas, etc.), a fin de mejorar su estética y de fomentar un trabajo más creativo. En concreto, entornos de aprendizaje centrados en la creatividad se beneficiarían de la integración del color verde en sus espacios.

En referencia a la decoración general en el aula, parece que los efectos más beneficiosos sobre la atención y el aprendizaje se producen cuando existe un nivel de estimulación intermedio entre una decoración excesiva y una nula decoración. Más no suele ser mejor casi nunca en educación.

4. Conclusiones

Está claro que la universidad del siglo XXI ha de poder cubrir las necesidades educativas y sociales actuales. Un campus universitario ha de constituir una comunidad de aprendizaje que resulte acogedora y sostenible y que sea sensible a las necesidades individuales. El entorno físico en el que se da el aprendizaje es de gran importancia, porque tiene una incidencia directa sobre el bienestar y el rendimiento del alumnado y del resto de los integrantes de la comunidad educativa. Las aulas deberían convertirse en espacios flexibles que pudieran garantizar diferentes tipos de tareas y un aprendizaje activo en el cual

el trabajo cooperativo, la incorporación de las tecnologías digitales y la vinculación al mundo real fueran componentes esenciales, y en donde, en definitiva, se integraran con naturalidad el cuerpo, el arte y la ciencia. Estos replanteamientos educativos están en plena consonancia con los códigos de funcionamiento del cerebro humano y, cuando se llevan a la práctica, optimizan la curiosidad, la creatividad y el aprendizaje de todos los estudiantes, que se convierten en personas más positivas y felices. Y es que la arquitectura del aula deja su huella en la arquitectura de nuestro cerebro.

5. Bibliografía

- Assem, H. M., Khodeir, L. M. y Fathy, F. (2023). Designing for human wellbeing: the integration of neuroarchitecture in design—a systematic review. *Ain Shams Engineering Journal*, 102102.
- Barrett, P., Davies, F., Zhang, Y. y Barrett, L. (2015). The impact of classroom design on pupils' learning: Final results of a holistic, multi-level analysis. *Building and Environment*, 89, 118-133.
- Bellmund, J. L., Gärdenfors, P., Moser, E. I. y Doeller, C. F. (2018). Navigating cognition: Spatial codes for human thinking. *Science*, 362(6415), eaat6766.
- Chatterjee, A., Coburn, A. y Weinberger, A. (2021). The neuroaesthetics of architectural spaces. *Cognitive Processing*, 22(supl. 1), 115-120.
- Coburn, A., Vartanian, O., Kenett, Y. N., Nadal, M., Hartung, F., Hayn-Leichsenring, G., Chatterjee, A. *et al.* (2020). Psychological and neural responses to architectural interiors. *Cortex*, 126, 217-241.
- De Borba, G. S., Alves, I. M. y Campagnolo, P. D. B. (2020). How learning spaces can collaborate with student engagement and enhance student-faculty interaction in higher education. *Innovative Higher Education*, 45(1), 51-63.
- Dimitriadou, E. y Lanitis, A. (2023). A critical evaluation, challenges, and future perspectives of using artificial intelligence and emerging technologies in smart classrooms. *Smart Learning Environments*, 10(1), 1-26.

- Eberhard, J. P. (2009). Applying neuroscience to architecture. *Neuron*, 62(6), 753-756.
- Khamitova, A. (2023). Innovative Learning Spaces of Higher Education: a Systematic Mapping Review of Themes. *TechTrends*, 67(5), 830-8421-13.
- Leijon, M., Nordmo, I., Tieva, Å. y Troelsen, R. (2022). Formal learning spaces in Higher Education—a systematic review. *Teaching in Higher Education*, 1-22.
- Manca, S., Cerina, V., Tobia, V., Sacchi, S. y Fornara, F. (2020). The effect of school design on users' responses: a systematic review (2008-2017). *Sustainability*, 12(8), 3453.
- Meng, X., Zhang, M. y Wang, M. (2023). Effects of school indoor visual environment on children's health outcomes: A systematic review. *Health & Place*, 83, 103021.
- Parnell, R. y Procter, L. (2011). Flexibility and place making for autonomy in learning. *Educational and Child Psychology*, 28(1), 77.
- Sternberg, E. M. y Wilson, M. A. (2006). Neuroscience and architecture: Seeking common ground. *Cell*, 127(2), 239-242.
- St-Jean, P., Clark, O. G. y Jemtrud, M. (2022). A review of the effects of architectural stimuli on human psychology and physiology. *Building and Environment*, 219, 109182.
- Vartanian, O., Navarrete, G., Chatterjee, A., Fich, L. B., Gonzalez-Mora, J. L., Leder, H., Skov, M. *et al.* (2015). Architectural design and the brain: Effects of ceiling height and perceived enclosure on beauty judgments and approach-avoidance decisions. *Journal of Environmental Psychology*, 41, 10-18.

4. Tomar consciencia. Corresponsabilizarse del aprendizaje

— Rosa Casafont i Vilar

Médica especializada en Neurociencias. Creadora del método Thabit.

Formadora en ámbitos, educativo, sanitario y social.

Docente en Posgrados de Neuroeducación de la Universitat de Barcelona

Tomar consciencia y corresponsabilizarse del aprendizaje son dos cuestiones fundamentales en la docencia universitaria, en la cual interaccionan adultos estudiantes con adultos docentes. En este capítulo se reflejan estas dos propuestas complementarias para que cumplamos con nuestra misión de ser, día a día, mejores educadores.

1. Primera propuesta: tomar consciencia

Prestemos atención a la primera propuesta: *tomar consciencia*. Pero, antes de nada, vamos a diferenciar discretamente algunos conceptos, porque ello nos permitirá fluir y entendernos mejor a lo largo de este texto.

¿Estamos hablando de *conciencia* o de *consciencia*? Si el primer término tiene un gran interés para el campo de la filosofía, el segundo sigue siendo un gran reto para la neurociencia. Ambos términos los podemos encontrar siendo utilizados de forma indistinta, pero tener *conciencia* nos evoca el permitirnos un comportamiento socialmente aceptable y con moralidad, mientras que la *consciencia* podemos definirla como un estado de la mente que nos aporta capacidad para interpretar el mundo interno y externo y que nos posibilita responder en consecuencia.

También es muy interesante diferenciar *consciencia* de *atención*. La atención es una función mental que influye en el estado de conscien-

cia y, si bien comparten mecanismos neurales y estructuras cerebrales, la atención y la consciencia son procesos cerebrales casi opuestos, por más que nos parezca lo contrario. La atención selecciona la información relevante del total disponible. Podemos decir que atender es un proceso donde analizamos para seleccionar lo que nos interesa y desestimar lo que no nos interesa de toda la información que percibimos. Y este proceso de selección tanto lo podemos realizar de forma inconsciente como consciente. Pues bien, mientras que *la atención analiza, la consciencia integra* la información generando una experiencia de percepción unificada.

Hay una forma especial de consciencia que es la autoconsciencia o metaconsciencia. Somos autoconscientes cuando somos conscientes de que lo somos y podemos reflexionar sobre nuestros pensamientos y creencias, nuestros sentimientos o nuestra forma de proceder.

Dar produce más felicidad que recibir, no porque sea una privación, sino porque en el acto de dar, está la expresión de mi vitalidad.

ERICH FROMM

Desde el conocimiento científico actual y, en concreto, desde la neurociencia, sabemos cuán importante es tomar consciencia de un hecho, de un pensamiento, de un estado emocional, de un proceso... La actividad cerebral que se crea genera una experiencia consciente, personal y única. Tomar consciencia nos hace percibir, procesar y generar efecto en nosotros de forma más intensa y trascendente y, por tanto, es también una forma de expresar con más intensidad nuestra vitalidad. Prestemos, pues, atención y tomemos consciencia de algunas de las características que nos son propias y que por el mero hecho de hacerlas conscientes nos permitirán empoderarnos y dirigir con más efectividad y afectividad el proceso de acompañamiento en cualquier espacio vital.

Hemos de tomar consciencia de que *nuestra mente es exclusiva e intransferible*. Que es capaz de generar una realidad subjetiva impregnada de los *qualia* emocionales, que nos permiten vivir cada experiencia de forma única. Los *qualia* emergen a nuestra consciencia

integrando gran cantidad de información en una única experiencia perceptiva instantánea, para dejarnos valorar el mundo no tal como es, sino tal como somos y lo sentimos. Ahora bien, lo que somos es cambiante, está en constante transformación, porque nos transformamos con cada experiencia, tanto si queremos como si no, gracias a la *capacidad plástica* de las redes neuronales que sustentan pensamientos, sentimientos y comportamientos.

Tenemos que tomar consciencia de que *somos más sociales* que individuales, más *emocionales* que racionales y que nuestras decisiones siempre llevan la emoción aunada. Por lo tanto, *nuestro estado emocional influye en la decisión* tomada, sea consciente o no. En el proceso de interrelación social, además, *acoplamos nuestros cerebros, nuestros corazones, nuestros ciclos de frecuencias hormonales...* y, en concreto (según estudios recientes y más de 200 publicaciones en relación mediante escáner múltiple, desde 2017 2020)² se evidencia que, al relacionarnos, generamos una sintonía de frecuencias en determinados sectores de nuestro cerebro (corteza prefrontal, dorsolateral y medial, giro frontal inferior y la unión temporal-parietal). Sectores que se acoplan con sus homónimos situados en los cerebros de nuestras relaciones y que están relacionados con nuestra competencia social. Es más, esta competencia social se puede entrenar si nos relacionamos de forma diversa con grupos diferentes, temáticas cambiantes... Ello da como resultado una mejor competencia de relación, incluso con personas que nos eran desconocidas hasta ese momento.



Figura 1. Colaboración neuronal en tiempo real. Los participantes sincronizan más con personas conocidas y cercanas. La capacidad de acoplamiento está relacionada con la competencia social y se puede entrenar.

2. Según Edda Bilek, del Centro Wellcome de Neuroimagen Humana del Colegio Universitario de Londres y del Instituto Central de Salud mental en Mannheim de Alemania.

Estas, entre otras características propias de nuestro cerebro y nuestra mente, nos ayudan, a ciencia cierta, a ser conscientes de nuestra responsabilidad como educadores que somos. ¡Marcamos estilo! e influimos desde nuestros actos, desde nuestra forma de afrontar las experiencias. Nuestro comportamiento marca tanto en importancia que enmudece la palabra que lo acompaña. De ahí la importancia de tomar consciencia, de lo que somos y de la trascendencia de cómo nos construimos, porque marcará nuestra labor educativa, como EDUCADORES o como «deseducadores».

2. Segunda propuesta: corresponsabilizarse del aprendizaje

Veamos a partir de aquí cómo afrontar la segunda propuesta. Prestemos atención a: *corresponsabilizarse del aprendizaje*.

Tú eres aquello que haces, no aquello que dices que harás.

CARL G. JUNG

Abordaremos esta propuesta desde la acción del *ser que educa*. Ese ser que está en constante transformación y que ha de influir, primero de forma dirigida su propio proceso de cambio, para posteriormente influir el proceso de cambio de sus relaciones, con el objetivo de fomentar la expresión del máximo potencial de cada niño, niña, adolescente o adulto que acompañe. No estamos hablando de determinar, que no es lícito, sí de influir desde el valor. El objetivo principal y del cual somos corresponsables es generar un proceso de aprendizaje para que se desarrollen *alas de libertad y competencia del SER*. Unas alas que han de ser equilibradas, para PODER, por disponer de recursos (influir en las capacidades, habilidades, competencias y valores) y, por otro lado, para influir en el QUERER, fomentando una actitud de interés, deseo, motivación... y así facilitar descubrir, adquirir y utilizar el conocimiento. Ha de existir un equilibrio entre PODER/QUERER. Disponer de recursos sin una

actitud de motivación e interés no es suficiente y tener una actitud dispuesta al progreso sin contar con de recursos tampoco permitiría conseguir la competencia del SER.



Figura 2. Equilibrio entre QUERER y PODER.

Esta acción del *ser que educa*, acción que trasciende al propósito, o a lo que decimos pretender hacer, la abordaremos desde tres enfoques: qué hacer previamente, qué hacer durante y qué hacer siempre durante el proceso educativo. En definitiva, qué HACER para construir el SER.

2.1. Qué debe hacerse previamente al proceso de educar

Si nuestra influencia es tan trascendente, como acabamos de ver, debemos procurar cuidarnos y cuidar las relaciones y el ambiente en el que el niño o la niña se desarrollan. Supone fomentar el valor en nosotros, para influir desde él en el valor en los demás. Recordemos que *tiene más fuerza el ejemplo que las reglas*. Por consiguiente, este enfoque desde el *ser que educa* ha de contemplar tres dimensiones: la competencia personal, la competencia social y la competencia educativa.

Ser competente en estas tres dimensiones comporta trabajar dos coherencias básicas y fundamentales: primero, la coherencia entre los tres ámbitos de la vivencia (mi pensamiento, mi sentimiento y mi comportamiento) y, posteriormente, la coherencia entre valores fundamentales y las acciones que genero. Conlleva proyectar mi comportamiento de forma coherente a mis valores, independientemente de cómo actúen los demás.

El educador tiene que realizar este proceso de conocimiento para saber sus límites y posibilidades. El autoconocimiento, pues, es el punto de partida para construirse en modelo neuroeducativo referente en su labor, tomar consciencia y corresponsabilizarse de acompañar el aprendizaje. La formación, en este sentido, será más efectiva si se implementa de forma vertical y continua, en la organización a la que se pertenece, ya sea familia, centro educativo, centro sanitario, social...

Para ser competente personal, social y educativamente, el *ser que educa* tiene que conocer los efectos neurobiológicos de su forma de pensar y sentir. Sus consecuencias tanto en la salud como en su estado de ánimo y su capacidad. Y cómo ese estado influye a los demás. Tiene efectos multidimensionales.

La comunicación más importante es la que establecemos con nosotros mismos, es nuestra *comunicación intrapersonal*, nuestra «voz interior», nuestro pensamiento. Cuando pensamos, nuestra voz interior no solo tiene tonos de intensidad diferentes; puede ser nuestra propia voz, o no, puede ser la voz de tu hijo, tu madre, tu pareja, tu compañera de trabajo... En función de cómo piensas (contexto) y de lo que piensas (contenido), tu posición corporal, tu expresión facial y la actitud relajada o contraída de tu musculatura, determina una comunicación no verbal que es detectada por tu cerebro, comparada con el *mapa cerebral* que tiene como modelo, e interpretada en función de parámetros genéticos y de las experiencias vividas hasta ese momento.

Si tu pensamiento es favorable, tu posición corporal es erguida, tu expresión facial está distendida y es interpretada en coherencia, tanto por tu cerebro como por las personas que te observan. La voz interior, el pensamiento será el que determinará tu comunicación interperso-

nal. Cuando se nos ve cabizbajos, con el ceño fruncido o tenso, el observador ajeno tiene claro el estado en que nos encontramos y nuestro cerebro, nuestro autoobservador es todavía más hábil en esa detección. Aunque existe una ligera diferencia entre ambos observadores, nuestro observador ajeno puede prestar atención consciente o no a nuestro estado y, en cambio, nuestro autoobservador la suele prestar de forma inconsciente, y reacciona rápida y automáticamente movilizándolo nuestro sistema neurobiológicamente y de forma coherente.

Nuestra comunicación determina nuestro pensamiento, de la misma forma que este determina nuestra comunicación.

Si por estar inmersos en un estado de tensión continuada nuestro cortisol está demasiado elevado, se producen una serie de alteraciones importantes. Hay una mala adaptación al estrés, con consecuencias negativas a nivel del sistema nervioso, sistema endocrino y sistema inmunitario. En esta situación (a la que podemos llegar en un tiempo muy diverso dependiendo de las características individuales, de la frecuencia e intensidad de los factores estresantes), la persona presenta signos y síntomas somáticos y/o psicológicos de afectación. Con sintomatología muy variada, trastornos del sueño, contracturas, infecciones repetidas, alteraciones hormonales, cuadros de ansiedad o depresión, cefaleas, alteraciones digestivas, entre otras... Y este estado, además, va a influir en las relaciones que establecemos y, por supuesto, en nuestras relaciones en los espacios educativos va a condicionar un ambiente contraproducente para el aprendizaje.

¿Qué debe saber y hacer un buen EDUCADOR? Tras ese punto de partida, debe pasar a la acción y cuidar su equilibrio personal. Para ello, ha de saber qué hacer y qué regular o evitar. Deberá cuidarse físicamente, mentalmente, socialmente y fomentar sus valores. Deberá aprender a regular el estrés, influyendo en su entorno los cambios plásticos y epigenéticos saludables. Pasamos por alto muchas veces que cuidar una calidad cognitiva y emocional supone cuidar el sustrato físico que la sostiene y la permite. Cuidar la alimentación, el descanso, el sueño reparador, hacer ejercicio y aprender y realizar técnicas de relajación y meditación, regalarse espacios de silencio... como trabajo de mantenimiento para proteger estructuras y funciones.

Como ya debe conocer la influencia de su pensamiento y su estado emocional si ha trabajado su competencia previa, tendrá que aprender a reestructurarlo en caso de ser desadaptativo. Dirigir la construcción de las redes neurales desde «el hacer» para construir «el SER».³ Los primeros con capacidad resiliente tenemos que ser nosotros. Existe una recomendación básica y fundamental que hemos de mencionar aquí: un educador formado en neuroeducación poseerá más recursos para tener capacidad de ayuda en cada etapa de desarrollo que acompañe.

2.2. Qué debe hacerse durante el proceso de educar

Nuestra relación debe estar mediada por el afecto y la capacidad amorosa, y, pese a que en determinadas fases de nuestro trayecto de vida se pueda caer en un estilo de relación personal reactivo, con facilidad para la queja, con predisposición al victimismo, hemos de recordar que tenemos la posibilidad de reconducir gracias a nuestra *capacidad plástica* y la potencia de nuestra *atención consciente*, que refuerza aquello que atiende y lo que no, se desestructura. Somos los responsables de la estructuración de nuestras redes neurales.

Si la *calidad del pensamiento del ser que educa* es saludable, influye en sus alumnos en ese sentido y, si sabe cómo reestructurar los pensamientos desadaptativos, sabrá transmitirlo para que, desde pequeños, aprendan el arte de transformar su mente y dirigir el cambio. El resultado: fomentará la automatización de buenas prácticas y un estado de su salud y bienestar.

La calidad de pensamiento debe ir acompañada de una mirada orientada a *generar vínculo*. Autores como Reeve consideran que las emociones humanas tienen tres funciones fundamentales: la adaptativa, la social, y la motivacional. De ellas, la social y la motivacional condicionan el vínculo que establece con los alumnos y, por consiguiente, su aprendizaje. Para tener capacidad de ayuda y acompañar

3. El método Thabit es un modelo que facilita diferentes herramientas para la reestructuración cognitiva, gestión emocional y mapa de comportamiento.

en cada fase de desarrollo, deberá tener muy presente que, desde las primeras etapas, se aprende por *atención compartida, empatía e imitación*. Sus miradas inspeccionan nuestra expresión facial y corporal e interpretan y aprenden de ellas. Recordará que cada mente es única y exclusiva y que a edades tempranas el hipocampo es sensible al daño ante el estrés mantenido. Esto obliga a que el educador sepa observar con interés real, a fin de identificar y adaptar *estrategias de regulación emocional*, las cuales deberán estar presentes en cada etapa educativa y adaptadas a cada una de ellas. También en etapas en las que los pequeños puedan empezar a identificar y regular sus emociones y comportamientos. En la adolescencia y la adultez sigue siendo necesaria una *neuroeducación* para empoderarlos, que se descubran, se comprendan y podamos mantener un canal de comunicación abierto que nos permita influir desde la autenticidad, coherencia y comprensión... Somos acompañantes en su proceso de vida.

Un factor que no podemos dejar de atender antes de dejar este punto es el efecto del *error como oportunidad*. Ante el sentimiento de frustración o fracaso, debemos recordarles siempre que están en proceso y no al final del camino. Debemos preguntarles: «¿Qué debes hacer diferente para conseguir el resultado esperado?». Cambiar el HACER para conseguir la competencia del SER.

Si hemos generado vínculo y merecemos su confianza, tendremos la puerta abierta para *estimular su interés*, su *curiosidad* y plantear *retos* y *proyectos atractivos* que los ayuden a superar su umbral OK.⁴

2.3. Qué debe hacerse siempre durante el proceso educativo

Tenemos la responsabilidad de *motivarnos* para motivar, de mantener la *coherencia*, fomentar la *escucha activa*, *ser equitativos*, centrarnos en *observar las coincidencias*, en lugar de las diferencias, para favorecer el vínculo y poder, así, llegar a *respetar las diferencias* y poder, posteriormente, valorarlas.

4. El umbral OK es un punto de equilibrio entre el deseo por mejorar y el esfuerzo que eso requiere. Se reconoce como un techo de desempeño y suele no serlo. Según el neurocientífico Mariano Sigman, es clave para el progreso continuo.

Ocuparnos en lugar de preocuparnos, sabiendo centrar *nuestra mirada en la oportunidad*, el resultado esperado, el valor... Y, sin lugar a dudas, mantenernos *auténticos*, cuidando la *calidad de nuestro pensamiento*, la coherencia entre los tres ámbitos de la vivencia (el pensar, sentir y el comportamiento).

¡Amando lo que hacemos! La suma de vocación y pasión por nuestra labor nos garantiza el buen resultado.

3. Bibliografía

- Casafont, R. (2014). *Viaje a tu cerebro. El arte de transformar la mente*. Desclée de Brouwer
- Casafont, R. y Casas, L. (2017). *Educarnos para educar. Neuroaprendizaje para transformar la educación*. Paidós Educación.
- Chica Martínez, A. B. y Checa, P. (2023). Cap. 13 Atención, procesamiento de la información sensorial y sistemas atencionales. En: Redolar, D. (ed.). *Neurociencia cognitiva*. Ed. Panamericana (2.^a ed.).
- Morgado, I. (2013). Cap. 24. La conciencia: Conceptos, hipótesis y observaciones clínicas y experimentales. En: Redolar, D. (ed.). *Neurociencia cognitiva*. Ed. Panamericana (2.^a ed.).
- Sigman, M. (2015). *La vida secreta de la mente*. Debate.

5. Diversidades diversas. Diseños universales

— Coral Elizondo

Maestra y psicóloga, formadora de docentes, profesora del
Máster de Neuroeducación Avanzada de la Universitat de Barcelona

Una cultura ideal es aquella que crea un lugar para cada ser humano.

MARGARET MEAD

La modernidad se vuelve «líquida» en el transcurso de una «modernización» obsesiva y compulsiva que se propulsa e intensifica a sí misma, como resultado de la cual, a la manera del líquido –de ahí la elección del término–, ninguna de las etapas consecutivas de la vida social puede mantener su forma durante un tiempo prolongado. La «disolución de todo lo sólido» ha sido la característica innata y definitoria de la forma moderna de vida desde el comienzo, pero hoy, a diferencia de ayer, las formas disueltas no han de ser remplazadas –ni son remplazadas– por otras sólidas a las que se juzgue «mejoradas», en el sentido de ser más sólidas y «permanentes» que las anteriores, y en consecuencia aún más resistentes a la disolución. En lugar de las formas en proceso de disolución, y, por lo tanto, no permanentes, vienen otras que no son menos –si es que no son más– susceptibles a la disolución y por ende igualmente desprovistas de permanencia.

ZYGMUNT BAUMAN

Nuestra sociedad actual es una sociedad diversa, plural, inclusiva, globalizada, interconectada, y la universidad es un reflejo de ello. ¿Cómo debe enfrentarse la universidad a los retos, dilemas éticos, desafíos, de esta sociedad? ¿Cómo debe avanzar para asegurar el bienestar social de todas las personas y, más especialmente, de las personas más vulnerables? ¿Cómo debe enfrentarse la universidad a esta modernidad líquida que disuelve todo lo sólido y ofrece pro-

cesos líquidos? ¿Cómo lograr que el disolvente (universidad) rompa sus moléculas (currículos, diseños, metodologías, mirada) para dejar espacio al soluto (modernidad líquida)? ¿Cómo lograr que las fuerzas intermoleculares que mantienen unido el soluto (modernidad líquida) se rompan? Esto requiere energía, mucha energía. Energía en distintas esferas de organización y docencia: energía para cambiar la mirada, energía para enseñar a todos, energía para diseñar para todos y energía para diseñar con todos.

Respecto a poner la atención en esta modernidad líquida, en palabras del neurocientífico y ensayista Francisco Mora (2022):

[...] como todo chispazo perceptivo-emocional (curioso) abre esas *ventanas de la atención*, y con esas ventanas abiertas es como se ponen en marcha neuronalmente los procesos de aprendizaje y, junto con la memoria, la generación de nuevo conocimiento.

Veamos este nuevo conocimiento en clave neuroeducativa.

1. Energía para cambiar la mirada: la importancia de la neuroética

La *neuroética* se ocupa de las bases neuronales de la agencia moral y se plantea cuestiones relacionadas con el comportamiento moral. Es un concepto que tiene una doble acepción, siendo ambos significados muy adecuados y útiles en la universidad para el logro de distintos objetivos estratégicos, como pueden ser el perfil investigador o la generación y transferencia del conocimiento en una sociedad plural.

Esta doble acepción de la *neuroética* es coherente, por una parte, con la «ética de la neurociencia o neuroética aplicada», relacionada con el análisis del diseño, la ejecución y la evaluación de los estudios e investigaciones neurocientíficas, así como el impacto ético, legal y social derivados de dichos estudios. Este sentido de la neuroética está alineado con el perfil investigador de la universidad y con la necesidad de construir un marco integrador para esta cuestión neuroética.

Por todo ello, tal vez convendría cambiar de estrategia en la investigación neuroética y, en vez de recurrir en un comienzo a métodos empíricos e intentar más tarde recurrir a alguno filosófico, aprender algo de lo que propone el Kant crítico: en lugar de esperar a aprender de la experiencia utilizando un método empírico, construir nuestros conceptos y obligar a la naturaleza a responder a las preguntas que hemos planteado desde ellos para tratar de comprender los fenómenos de la experiencia (Cortina, 2013).

Por otra parte, la neuroética se concibe como la «neurociencia de la ética o neuroética básica» que investiga sobre cómo funciona el cerebro en las intenciones, juicios y comportamientos morales. ¿Cuál sería el marco ético adecuado para comprender la moralidad humana? ¿Cómo ayudarían los conocimientos que tenemos acerca del cerebro? Esta concepción está conectada con la generación y transferencia del conocimiento en una sociedad plural. Para el psicólogo Michael Gazzaniga (2005), la neuroética:

[...] es el examen de cómo queremos enfrentarnos con los problemas sociales de la enfermedad, la normalidad, la mortalidad, el estilo de vida, y la filosofía de vida, enriquecido por nuestra comprensión de la base de los mecanismos profundos del cerebro.

En la actual modernidad líquida, podría estar relacionada con cuestiones sociales y éticas asociadas a las interacciones sociales y con una filosofía de la vida, aspectos todos ellos que deben abordarse en un currículo competencial del siglo XXI.

2. Energía para enseñar a todos: neuroeducador, una nueva profesión

Para Mora (2022), el neuroeducador:

[...] tendría que poseer una base multidisciplinar que le permitiese, además de conocer bien los procesos funcionales cerebrales de la base del

aprendizaje y la memoria, ayudar en el diseño de proyectos de investigación sobre temas específicos e instrucción en los colegios.

¿Es esta figura relevante y necesaria en la educación superior? La respuesta a esta cuestión es afirmativa, el neuroeducador en la universidad puede ser consultado sobre temas neuroéticos relacionados con investigaciones de la propia universidad, o sobre los dilemas o problemas morales que se producen a consecuencia del desarrollo de las neurociencias, o con relacionados temas como la libertad, la justicia, la inteligencia artificial o la sociedad diversa, plural, inclusiva, globalizada e interconectada, o incluso abordar desde la ética que los derechos de las personas con discapacidad son una cuestión de justicia y de ciudadanía, no de solidaridad.

Las personas con discapacidad han sido discriminadas a lo largo de la historia, de forma que la discapacidad ha sido vista como una condición devaluadora, de inferioridad. Esta opresión recibe un nombre, *capacitismo*. Se busca, entonces, el promedio, la normatividad y se segrega lo disminuido, lo diferente, lo deficiente. ¿Es la universidad una entidad capacitista? Como dice el filósofo de la ciencia Mario Toboso-Martín (2017):

Los juicios de valor sobre las capacidades están tan presentes en la sociedad que sus efectos excluyentes apenas son percibidos ni cuestionados. Incluso quienes son marginados por el capacitismo, caen en el mismo discurso para defenderse o exigir cambios en su situación: «nosotros somos tan capaces como vosotros».

Desde una mirada ética, ¿el carácter competitivo, de excelencia y meritocrático inherente en la universidad elimina las prácticas capacitistas de la sociedad? ¿Cómo eliminar *en y desde* la universidad este discurso de poder y dominación? Y aquí radica la importancia de la neuroética y del neuroeducador, pero veamos otras energías.

3. Energía para diseñar *para* todos con formación curricular en diseño para todas las personas en titulaciones universitarias

En el año 2001, la Ley Orgánica de Universidades (LOU) contempló en la disposición adicional vigesimocuarta la inclusión de las personas con discapacidad en las universidades garantizando la igualdad de oportunidades, la no discriminación y la accesibilidad universal de las personas con discapacidad. En 2010 se publicaron cinco libros blancos del diseño para todos, en cinco currículos universitarios, que en años sucesivos se ampliaron hasta los catorce⁵ actuales. El proyecto establece como objetivo central introducir los conceptos básicos de diseño para todas las personas y la accesibilidad universal en los currículos de las titulaciones universitarias, tal y como recogían las recomendaciones transversales del *Informe mundial sobre discapacidad* de la OMS (2011).

Esta formación curricular en diseño para todas las personas en la universidad fue promovida y elaborada por la Conferencia de Rectores de las Universidades Españolas (CRUE), con la colaboración de la Fundación ONCE y el Organismo del Gobierno de España para la gestión de programas y prestaciones para las personas mayores y en situación de dependencia (IMSERSO), y tenía como objetivos mejorar los obstáculos a los que se enfrentan las personas con discapacidad:

[...] englobando estrategias sobre objetivos, métodos instruccionales, recursos, material y formas de evaluación que sean accesibles para todo el alumnado. Se trata de una filosofía de cambio actitudinal, que se basa en entender que las transformaciones y adaptaciones deben ser sobre el contexto y no sobre la persona. (*Libro Blanco* de la Fundación ONCE)

5. Formación curricular en diseño para todas las personas en la universidad <https://www.crue.org/publicacion/formacion-curricular-en-diseno-para-todas-las-personas>

4. Energía para diseñar *con* todos: diseño universal para el aprendizaje

Esta mirada neuroética nos reclama un diseño universal para el aprendizaje (DUA).⁶ El DUA es un marco teórico que está organizado en tres principios, nueve pautas y treinta y un puntos de verificación. Estos últimos, las pautas y los puntos de verificación son un conjunto de estrategias que ayudan al diseño universal de situaciones de aprendizaje, métodos, materiales y entornos flexibles, maximizando las oportunidades de aprendizaje para todo el alumnado. Nunca deben considerarse como un repertorio de estrategias que deban realizarse en su totalidad, como tampoco como un listado que ofrece estrategias solo para unos alumnos en concreto. Estas pautas y puntos de verificación se han de seleccionar de acuerdo con los objetivos que se quieran desarrollar y se tienen que implementar en todos los elementos del currículo. El objetivo del DUA es guiar en el diseño de objetivos, actividades, propuestas pedagógicas, recursos, materiales, metodologías y formas de evaluación, con el fin de minimizar las barreras y maximizar el aprendizaje de todo el alumnado, diseñando, de esta forma, propuestas didácticas accesibles y desafiantes para todos.

El DUA contempla en sus bases teóricas la neurociencia y concibe que nuestros cerebros son únicos, valorando la neurodiversidad y eliminando el capacitismo. Es también coherente con el enfoque socioecológico y el paradigma de apoyos. El primer concepto, el enfoque socioecológico, pone el foco en eliminar las barreras que puedan aparecer cuando las demandas del contexto son elevadas y superan las competencias, habilidades y características de la persona. El segundo concepto, el paradigma de apoyos, surge del mundo de la discapacidad y está asociado a la calidad de vida.

El marco DUA está organizado de modo que se pueda trabajar tanto vertical como horizontalmente

6. <https://udlguidelines.cast.org>

- Verticalmente, se organiza en torno a los tres principios (compromiso, representación, y acción y expresión) y/o redes (afectivas, reconocimiento y estratégicas).
- Horizontalmente, presenta una fila de acceso, otra de construcción y una tercera de internalización, junto con la meta que hemos de alcanzar para lograr aprendices expertos.

Una lectura vertical nos invita programar en clave neuroeducativa teniendo en cuenta los tres saberes del aprendizaje por competencias: el *saber*, la parte cognitiva que internaliza el conocimiento; el *saber hacer*, la parte práctica y aplicada del aprendizaje; y el *saber ser*, la parte emocional y afectiva del aprendizaje. Así, el marco DUA contempla:

- *Múltiples formas de compromiso*. En el diseño de la programación se tienen en cuenta las emociones, los intereses, se trabajan los retos, los desafíos, las creencias, se ofrece un buen *feedback*, se trabaja la metacognición, se permite al estudiante que pueda elegir, se trabaja la colaboración y la comunicación, ofreciendo opciones para captar el interés, mantener el esfuerzo y la persistencia y la autorregulación. Este principio responde a la pregunta de «el por qué» del aprendizaje y se centra en el *saber ser*. Está, además, muy relacionado con las competencias o habilidades blandas (*soft skills*).
- *Múltiples formas de representación*. Se ofrecen alternativas para la información auditiva y visual, ofreciendo opciones para la percepción; se clarifica el vocabulario y los símbolos trabajando con glosarios, ofreciendo opciones para el lenguaje y los símbolos; y se activan o proporcionan conocimientos previos, maximizando la transferencia y generalización de la información, desarrollando la competencia de aprender a aprender y ofreciendo, de esta forma, opciones para la comprensión. Este principio responde a la pregunta de «el qué» del aprendizaje y se centra en el *saber*.
- *Múltiples formas de acción y expresión*. Este principio responde a la pregunta de «el cómo» del aprendizaje y está relacionada con el *saber hacer*. Para ello, se ofrecen tecnologías de asistencia, materiales que permitan la navegación y la interacción, se utilizan

múltiples medios para la comunicación, múltiples herramientas para la construcción del conocimiento, y se ofrecen opciones para el desarrollo de las funciones ejecutivas especializadas en planificar, ejecutar y monitorizar tareas motrices y mentales.

La visión horizontal del marco DUA, a su vez, nos ofrece pautas o apoyos para el acceso, la construcción y la internalización del aprendizaje:

- *Para garantizar el acceso a la información:* con apoyos para captar el interés, apoyos para la percepción y apoyos para la acción física.
- *Para promover la construcción del conocimiento:* con apoyos para el esfuerzo y la persistencia; apoyos para el lenguaje y los símbolos; y apoyos para la expresión y la comunicación.
- *Para lograr la internalización:* con apoyos a la autorregulación, apoyos para la comprensión y apoyos para la función ejecutiva.

Y, como ocurre con la disolución, todo este nuevo conocimiento que acabamos de abordar en clave neuroeducativa (neuroética, neuroeducador, DUA) es muy estable, de modo que las partículas de soluto (modernidad líquida) presentes en una solución no se separan al guardarlas.

5. Bibliografía

- Bauman, Z. (2013). *La cultura en el mundo de la modernidad líquida*. Fondo de Cultura Económica España.
- Cortina, A. (enero-junio de 2013). Ética del discurso: ¿un marco filosófico para la neuroética? *Revista de filosofía moral y política*, 48, 127-148.
- Elizondo, C. (2022). Diseño universal para el aprendizaje y neuroeducación. Una perspectiva desde la ciencia de la mente, cerebro y educación. *JONED. Journal of Neuroeducation*, 3, 99-108.
- Elizondo, C. (enero de 2023). *Diseño universal para el aprendizaje, un paradigma de apoyos*. Mon petit coin d'éducation: <https://coralelizon->

do.wordpress.com/2023/01/22/disenio-universal-para-el-aprendizaje-un-paradigma-de-apoyos/

García de Sola, M. (. (2006). *Libro blanco del diseño para todos en la universidad*. Fundación ONCE e IMSERSO.

Gazzaniga, M. (2005). *The ethical brain*. Dana Press.

Mora, F. (2022). *Neuroeducador. Una nueva profesión*. Alianza.

OMS (2011). *Informe mundial sobre la discapacidad*. OMS.

Toboso, M. (2017). Capacitismo (Ableism). En: L. Platero, M. Rosón. y E. Ortega. *Barbarismos queer y otras esdrújulas* (pp. 73-81). Edicions Bellaterra.

6. Funciones ejecutivas, aprendizaje y evaluación: elementos clave en contextos universitarios para potenciar los aprendizajes significativos

— Laia Lluch Molins¹ y Iolanda Nieves de la Vega²

¹Directora del centro Kumon Sant Boi de Llobregat-Marianao.
Profesora asociada en la Facultad de Educación de la Universitat de Barcelona

²Especialista en Trastornos del aprendizaje, conducta y estados afectivos (UTAE).
Profesora de la unidad docente Business Spanish for Communication en IESE Business School
(Universidad de Navarra-UNAV)

Este capítulo aborda la sinergia entre la evaluación educativa y la neuroeducación en entornos universitarios, destacando cómo las funciones ejecutivas influyen en el aprendizaje significativo. La neuroeducación, una amalgama de neurociencias, psicología y educación, se centra en el cerebro y su relación con el aprendizaje. En este contexto, las funciones ejecutivas, como la planificación, memoria de trabajo, atención, flexibilidad cognitiva y autocontrol, juegan un papel crucial. Estas habilidades cognitivas superiores son fundamentales para la autorregulación y el éxito académico.

Enfatiza la importancia de la evaluación formativa, un proceso continuo y dinámico enfocado a mejorar los procesos de enseñanza-aprendizaje. Características como el *feedback* continuo, el diálogo y la autorregulación son esenciales en este tipo de evaluación. La integración de la evaluación en el currículo y su papel a la hora de fomentar la participación y la motivación del estudiantado son también subrayadas.

Finalmente, concluye que la comprensión y el fomento de las funciones ejecutivas, en conjunto con la evaluación formativa, son clave

para un aprendizaje más profundo y significativo en la educación superior, potenciando, así, un entorno educativo más inclusivo y centrado en la persona.

1. Neuroeducación funciones ejecutivas y aprendizaje

La neuroeducación nace de la interacción e interrelación entre tres ámbitos de conocimiento diferentes: las neurociencias, la psicología y la educación. Es la interdisciplina o transdisciplina que promueve una mayor integración de las ciencias de la educación con aquellas que se ocupan del desarrollo neurocognitivo de la persona humana. Interdisciplina desde el momento en que se perfila como la intersección de muchas neurociencias relacionadas con el aprendizaje y la enseñanza en todas sus formas, y transdisciplina en cuanto que es una nueva integración, totalmente original y novedosa de aquellas en una nueva categoría conceptual y práctica. Estamos ante un campo con un enfoque integrador en el que colaboran tanto educadores como neurocientíficos y en el cual convergen especialidades como la neurociencia, la psicología, la ciencia cognitiva y la educación.

Este enfoque, centrado en la comprensión del funcionamiento cerebral durante y para el aprendizaje, se orienta hacia la mejora de las prácticas pedagógicas y evaluativas teniendo en cuenta aspectos como la plasticidad cerebral, la relevancia de los conocimientos previos y de las experiencias en el aprendizaje, así como el impacto de los estados de ánimo, los sentimientos y las emociones a la capacidad de razonamiento, la toma de decisiones, la memoria, la actitud y la disposición para aprender.

Resulta clave mencionar las funciones ejecutivas para comprender los principios de la neuroeducación y conocer su rol específicamente en el ámbito universitario. Las funciones ejecutivas constituyen un conjunto de habilidades cognitivas superiores que facilitan la autorregulación del comportamiento humano. Mediadas por la corteza prefrontal del cerebro, estas funciones posibilitan la planificación, organización, monitoreo, regulación y evaluación de acciones orien-

tadas a la consecución de metas y resolución de problemas. Si bien se desarrollan a lo largo de la vida, el ámbito universitario se presenta como un contexto de gran relevancia para su optimización.

Las funciones ejecutivas se enmarcan, en términos globales, en un amplio abanico de operaciones cognitivas. Se han propuesto los siguientes procesos cognitivos para conceptualizar las funciones ejecutivas como habilidades de orden superior vinculadas a las siguientes capacidades:

- Organizar y planificar una tarea.
- Seleccionar apropiadamente los objetivos.
- Iniciar un plan y sostenerlo en la mente mientras se ejecuta.
- Inhibir las distracciones.
- Cambiar de estrategias de modo flexible si el caso lo requiere.
- Autorregular y controlar el curso de la acción para asegurarse de que la meta propuesta esté en vías de lograrse.

Seguramente, si volvemos la mirada a algunas de las prácticas pedagógicas y actividades que proponemos en el entorno universitario, podríamos identificar propuestas pedagógicas que ofrecemos a los estudiantes que requieren el entrenamiento o la activación de algunas de estas habilidades.

Con todo ello, el desarrollo de las funciones ejecutivas implica el desarrollo de una serie de capacidades cognitivas que permiten la autorregulación del pensamiento, de las acciones y de las emociones que interrelacionan con el concepto de *evaluar para aprender*. Los componentes esenciales de las funciones ejecutivas son los siguientes:

- *Inhibición de respuesta o autocontrol*: como postulan Flores-Lázaro *et al.* (2004), el desarrollo del control inhibitorio permite realizar un mejor análisis de procesamiento, en la medida en que se pueden inhibir opciones no válidas para el objetivo propuesto, de tal forma que seleccionan la mejor respuesta posible o el mejor procedimiento para resolver un problema. Este componente facilita la capacidad de controlar conductas, pensamientos y emociones,

permitiendo reprimir respuestas automáticas o predominantes cuando es requerido. En el contexto universitario, para ilustrar este componente, el estudiantado podría necesitar inhibir la tentación de revisar constantemente las redes sociales mientras está inmerso en la escritura de un ensayo.

- *Memoria de trabajo*: la evaluación de la memoria de trabajo permite identificar la capacidad que posee la persona en la representación y procesamiento de la información ante una tarea o actividad. A lo largo del desarrollo, el sujeto debería activar estrategias para realizar una codificación eficiente y una búsqueda de la información o modelo para responder adecuadamente ante los requerimientos del medio. A modo de ejemplo, un estudiante universitario podría necesitar mantener en su memoria de trabajo una serie de conceptos teóricos mientras redacta una crítica de un artículo científico, combinando y relacionando activamente la información relevante.
- *Atención*: la atención es un proceso de control cognitivo en el cual se activan los sistemas funcionales y que mantiene su activación mientras se procesa la información. Estudios longitudinales sugieren que la red atencional ejecutiva sería un elemento central en el rendimiento académico, y también en el desarrollo socioemocional. A medida que los sistemas de autorregulación se desarrollan, se adquiere una mayor capacidad para controlar la reactividad y ajustarse a las normas o metas, así como para abordar con flexibilidad situaciones que temen o inhibir acciones.
- *Flexibilidad cognitiva*: es la habilidad para cambiar una estrategia o respuesta por otra, lo que permitiría afrontar de forma más eficiente y flexible el problema o situación específicos, implicando una permanente monitorización o evaluación y ajuste de acuerdo con los resultados en curso y con las opciones disponibles. Por ejemplo, en el contexto de un debate académico, una estudiante puede necesitar cambiar su postura argumentativa a la luz de nuevos datos o perspectivas introducidos por otros participantes.
- *Planificación y organización*: la planificación es un proceso cognitivo de alto orden implicado en la resolución de problemas e involucra la capacidad para identificar una meta, secuenciar y organi-

zar los pasos necesarios para alcanzarla, anticipar consecuencias, construir y evocar un mapa mental que sirva para dirigir la acción al logro del objetivo propuesto. En un proyecto de investigación universitario, los estudiantes podrían necesitar planificar y organizar su trabajo, determinando las tareas, estableciendo plazos y asignando roles dentro del equipo de trabajo.

En suma, observamos que las funciones ejecutivas son fundamentales para el aprendizaje y desempeño académico en el contexto universitario, ya que favorecen la gestión eficiente de las tareas y actividades propias de este nivel educativo. El entrenamiento de estas puede resultar beneficioso para potenciar la eficacia en el aprendizaje, la resiliencia académica y la preparación para los desafíos profesionales y personales más allá de la universidad, facilitando, así, un aprendizaje más profundo, autónomo y duradero.

2. Elementos clave de la evaluación en el ámbito universitario

La evaluación es un proceso de recogida y análisis de datos que deben ser valorados para poder tomar decisiones. En función del objetivo que tenga la toma de decisiones, la finalidad de la evaluación puede ser sumativa o formativa. Específicamente, la evaluación formativa es un proceso de evaluación continua y dinámica que se lleva a cabo durante el proceso de enseñanza-aprendizaje. Su propósito es informar y guiar la enseñanza y el aprendizaje en tiempo real, de modo que se puedan hacer ajustes oportunos para mejorar ambos procesos.

Este tipo de evaluación no es un mero instrumento de medición, sino que ha evolucionado para convertirse en un proceso de diálogo y comprensión que permite emitir juicios de valor para la mejora continua del aprendizaje. En el marco de este tipo de evaluación, entendemos *feedback* como «el conjunto de acciones que realizan los estudiantes para dar sentido a los comentarios recibidos y emplearlos para mejorar». En este sentido, la evaluación formativa se equipara a la evaluación para el aprendizaje, pues ambas perspectivas

reconocen el poder de la evaluación para impulsar el aprendizaje del estudiantado y utilizan estrategias similares para hacerlo. De hecho, la evaluación formativa se ha descrito como el motor del aprendizaje, señalándose la necesidad de integrar completamente la evaluación en el currículo a través de actividades formativas.

La evaluación formativa se caracteriza por ser formativa y acreditativa al mismo tiempo. Esto significa que la evaluación formativa proporciona retroalimentación continua para apoyar el aprendizaje de los estudiantes y también puede usarse para evaluar el rendimiento y otorgar créditos. Es auténtica y situada, lo cual significa que se realizan evaluaciones en situaciones que reflejan las tareas de la vida real y ayudan a los estudiantes a desarrollar las habilidades que necesitarán después de sus estudios. Además, este tipo de evaluación es autorreguladora y motivadora. Fomenta la participación de los estudiantes, mejora su motivación y les permite hacer ajustes necesarios en su aprendizaje, promoviendo, así, su autonomía y la capacidad de aprender a aprender. Los estudiantes también están involucrados en los procesos de *feedback* participado.

Por último, resulta interesante subrayar que la evaluación promueve un papel activo de los estudiantes durante el proceso de evaluación-aprendizaje, lo cual incluye apreciar y valorar los procesos de *feedback*, saber dar y recibir críticas y valoraciones constructivas y fundamentadas, tomar decisiones basadas en la información recibida y, en última instancia, desarrollar el llamado *juicio evaluativo* en relación con el proceso de aprendizaje que se está siguiendo. De ahí que la evaluación sea concebida como un proceso integrado, dinámico y centrado en el estudiante que apoya el aprendizaje y permite a los estudiantes participar en su propio proceso de aprendizaje. De hecho, el *feedback* implica:

[...] ir haciendo un seguimiento de la evolución del proceso de aprendizaje durante el curso de forma que los estudiantes tengan la oportunidad de ajustar lo que hacen y cómo lo hacen. Recibir los estudiantes en tutorías, disponer de pruebas parciales, hacerlos entregar primeras versiones de las tareas encomendadas, etc., son algunas de las cosas que podemos

hacer para acompañar a los estudiantes en este proceso formativo. Los y las estudiantes deben ser también corresponsables de este monitoreo constante. (Cano *et al.*, 2020, p. 6)

Con toda esta literatura existente, podemos identificar diversos elementos clave de la evaluación, en particular, de la evaluación formativa, en el ámbito universitario:

- *Feedback continuo*: la evaluación formativa proporciona un *feedback* continuo tanto a los estudiantes como a los docentes. Este *feedback* es esencial para identificar áreas de fortaleza y debilidad, y ajustar las estrategias de enseñanza-aprendizaje en consecuencia. De hecho, según la literatura, algunas de las características que ha de cumplir un buen *feedback* son: vinculado a los criterios de evaluación, participado, cualitativo, vinculado tanto al producto como al proceso, constructivo, sugestivo y rápido.
- *Diálogo y comprensión*: la evaluación ha evolucionado hacia un proceso de diálogo y comprensión que permite emitir juicios de valor para la mejora continua del aprendizaje. Esto implica una comunicación continua entre el estudiante y el profesor.
- *Integración con el currículo*: la evaluación formativa debe estar completamente integrada en el currículo a través de actividades formativas. No es una actividad separada, sino un componente integral del proceso de enseñanza-aprendizaje.
- *Autenticidad y situación*: las actividades de evaluación han de estar cercanas a la realidad y promover el desarrollo competencial en los estudiantes. Tienen que preparar a los estudiantes para tareas de la vida real y ayudarlos a aplicar y actuar sobre el conocimiento.
- *Autorregulación y motivación*: la evaluación formativa fomenta la autorregulación y la motivación de los estudiantes. Los alumnos deben estar activamente involucrados en el proceso de evaluación, lo que puede mejorar su motivación y promover la autonomía y la capacidad de aprender a aprender.
- *Procesos de feedback participados*: los estudiantes deben estar involucrados en los procesos de evaluación participado, cosa que

incluye dar y recibir críticas y valoraciones constructivas y fundamentadas, tomar decisiones basadas en el *feedback* recibido y desarrollar el juicio evaluativo con relación al proceso de aprendizaje que se está siguiendo.

Cada uno de estos elementos juega un papel crucial en la evaluación efectiva en la educación universitaria. Asimismo, resulta esencial recalcar que los procesos de evaluación y, en particular, el *feedback* deben ajustarse al tipo de tarea, el perfil de estudiantado que estamos contribuyendo a formar (y las competencias que deberá desarrollar) y la tipología de asignatura y titulación en la que nos enmarcamos.

3. Conclusiones

La conexión entre el desarrollo de las funciones ejecutivas y la evaluación formativa es esencial para comprender y potenciar el aprendizaje. Las funciones ejecutivas, que, como se ha comentado, incluyen procesos cognitivos como la planificación, la memoria de trabajo y la autorregulación, desempeñan un papel crucial en el proceso cognitivo y actúan como factores relevantes para el éxito académico y la resolución efectiva de problemas.

La evaluación formativa, al proporcionar retroalimentación continua y adaptativa, se convierte en un vehículo para mejorar estas funciones ejecutivas. Al identificar áreas de fortaleza y debilidad en el desempeño de los estudiantes, la evaluación formativa permite ajustes inmediatos, promoviendo, así, el desarrollo y la madurez de las funciones ejecutivas.

En conclusión, reconocer la interrelación entre el desarrollo de las funciones ejecutivas, el aprendizaje y la evaluación formativa abre nuevas posibilidades para la educación superior. Este enfoque promueve un aprendizaje más profundo y significativo, fomentando un entorno educativo inclusivo y centrado en la persona.

4. Bibliografía

- Bueno, D. y Forés Miravalles, A. (2018). 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78(1), 13-25.
- Bueno, D. y Forés, A. (coord.) (2021). *La práctica educativa con mirada neurocientífica*. Horsori.
- Cano, E., Pons, L. y Lluch, L. (2020). *Feedback en educación superior*. Col·lecció de OMADO (Objectes i MAterials DOcents), Universitat de Barcelona.
- Carles, D. y Boud, D. (2018). The development of student feedback literacy: enabling uptake of feedback. *Assessment & Evaluation in Higher Education*, 43(8), 1315-1325.
- Castelló, M. (coord.) (2009). *La evaluación auténtica en enseñanza secundaria y universitaria: investigación e innovación*. Edebé.
- Diamond, A. (2013). Executive Functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135-168.
- Flores, J. C., Castillo-Preciado, R. E. y Jiménez-Miramonte, N. A. (2014). Desarrollo de funciones ejecutivas, de la niñez a la juventud. *Anales de Psicología / Annals of Psychology*, 30(2), 463-473.
- García-Jiménez, E. (2015). La evaluación del aprendizaje: De la retroalimentación a la autorregulación. El papel de las tecnologías. *RELIEVE*, 21(2).
- Jordan, S. (2012). Student engagement with assessment and feedback: some lessons from short-answer free-text e-assessment questions. *Computers & Education*, 58(2), 818-834.
- Lezak, M. D., Howieson, D. B. y Loring, D. W. (2004). *Neuropsychological assessment*. Oxford University Press.
- Lluch Molins, L. y Nieves de la Vega, I. (coord.). (2019). *El ágora de la Neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada*. Octaedro / ICE-UB.
- Tirapu-Ustárroz, J., Muñoz-Céspedes, J. M. y Pelegrín-Valero, C. (2002). Funciones ejecutivas: necesidad de una integración conceptual. *Rev. Neurol.*, 34, 673-685.

7. El *feedback* como gestor e impulsor de aprendizajes futuros

— David Bueno¹ y Anna Forés²

¹Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo; Departamento de Genética, Microbiología y Estadística; Facultad de Biología; Universitat de Barcelona

²Departamento de Didáctica y Organización Educativa; Facultad de Educación; Universitat de Barcelona

Uno de los muchos aspectos que tradicionalmente se han considerado relevantes en educación es la evaluación. Permite valorar los saberes, las competencias y las actitudes de los estudiantes, así como conocer su rendimiento. Este último aspecto también se puede aplicar a los docentes, cuando la evaluación se realiza sobre el proceso global de transmisión del conocimiento, lo que incluye las estrategias pedagógicas usadas. También tiene que incluir la valoración que hacen los propios estudiantes de los aprendizajes que ellos han adquirido y de los mismos procesos de aprendizaje que les han permitido adquirirlos. Es decir, tiene que incluir aspectos metacognitivos. En conjunto, permite que la evaluación sea formativa, es decir, que también contribuya a desarrollar y potenciar los propios procesos de aprendizaje.

Uno de los aspectos necesarios para que una evaluación sea formativa es que tenga un carácter continuado y que vaya acompañada de algún tipo de *feedback*. Los efectos del *feedback* sobre el proceso de aprendizaje y la construcción de la personalidad son diversos y adquieren una especial relevancia cuando se lleva a cabo entre iguales. Activa el llamado *cerebro social*, que incluye diversas áreas del cerebro entre las que destacan las implicadas en las recompensas y la motivación, la generación de las emociones, el control de las funciones ejecutivas, el aprendizaje consciente y la metacognición. Esto, en conjunto, tiene efectos positivos en la adquisición

de aprendizajes significativos, en la consolidación de la memoria y en el empoderamiento de los estudiantes para que continúen construyendo sus propios aprendizajes. Sin embargo, estos efectos dependen de diversos factores, que abordaremos en este capítulo desde la perspectiva de la neuroeducación.

1. Qué es el *feedback* y cómo nos puede conducir al *feedforward*

El *feedback*, o *retroacción* en castellano, se define como la información que se da o se recibe sobre el desempeño de una tarea por parte de una persona y que se utiliza como base para la mejora en el ejercicio de dicha tarea. En educación, el uso de *feedback* como estrategia pedagógica no tiene ningún sentido si no sirve para inducir mejoras en los aprendizajes y, muy especialmente, también en los propios procesos de aprendizaje. La palabra *feedback*, de hecho, proviene de los vocablos ingleses: *feed*, ‘alimentar’, y *back*, ‘hacia atrás’, lo que remite al hecho de que las mejoras que induzca deben fluir hacia el interior de la persona, «retroalimentándola».

El *feedback* puede presentarse de dos maneras diferentes, que no son mutuamente excluyentes: de forma remedial, para ver cómo debería haber sido realizada una tarea a partir de cómo se ha realizado realmente; o con un carácter autorregulador, que permita al estudiante conocer qué aprende y cómo lo aprende para que pueda gestionar de forma consciente (metacognitiva) qué procesos y conocimientos necesita incorporar para seguir aprendiendo. Este *feedback* autorregulador, a diferencia del remedial, no solo permite solventar las necesidades del presente, sino que prepara a los estudiantes para que puedan afrontar sus propias necesidades futuras de aprendizaje.

Se considera que, para que un *feedback* potencie la autorregulación, es necesario que los estudiantes se identifiquen como aprendices activos y sean conscientes de su propio nivel de conocimiento y de los puntos débiles que presentan. Por otra parte, debe contener elementos de reflexividad y compromiso que estimulen a los estudiantes a autoe-

valuarse, invertir esfuerzos en analizar e incorporar el *feedback* para que impacte en su rendimiento y mostrar la autoconfianza necesaria para solicitar ayuda cuando la necesiten.

En este contexto, se ha visto que lo que realmente contribuye a que los estudiantes aprendan a autorregular sus propias acciones y procesos de aprendizaje no es solo el hecho de recibir un *feedback* en sí sobre las tareas y acciones realizadas, sino también, muy especialmente, que sea proporcionado entre iguales. Esto es, entre los propios estudiantes, lo que les permite interiorizar mejor los objetivos de la tarea y los criterios de evaluación, al mismo tiempo que hace posible que revisen y replanteen la propia tarea que han realizado no solo con respecto a sí mismos, sino dentro del conjunto de sus compañeros. En este sentido, también se ha visto que el *feedback* entre iguales queda asociado a la promoción del sentimiento de permanencia, a las responsabilidades, al compromiso personal y a la motivación, a través de competencias socioafectivas como la empatía, el trabajo en equipo, las habilidades comunicativas y la capacidad de negociación para llegar a acuerdos mutuamente satisfactorios, todas ellas características que, en educación, resultan imprescindibles.

Así, el *feedback* entre iguales es un proceso en el cual los estudiantes evalúan los logros de sus compañeros y analizan su propio trabajo a partir de las evaluaciones recibidas. Como evaluadores, revisan el trabajo de sus iguales y les proporcionan un *feedback* constructivo. Y, como evaluados, reciben el *feedback* de sus compañeros y pueden aplicar mejoras en sus futuras tareas de aprendizaje y en los mismos procesos de adquisición y generación de conocimientos y saberes.

Este proceso de *feedback*, con todo, no es suficiente por sí mismo, sino que ha de conducir a un *feedforward* efectivo y empoderador. El *feedforward*, término que proviene de los vocablos ingleses *feed*, ‘alimentar’, y *forward*, ‘hacia adelante’, consiste en la modificación o el control de un proceso utilizando sus resultados o efectos anticipados. No es solo «retroalimentarse», sino también tomar consciencia de que estas mejoras han de estar encaminadas hacia nuevos progresos, como gestoras e impulsoras de los aprendizajes futuros. El *feedback* entre iguales permite a los estudiantes anticipar futuras necesidades

de aprendizaje y de nuevos procesos de aprendizaje, a través de las interacciones con los compañeros con quienes están construyendo la sociedad del futuro, lo cual resulta crucial en un entorno dinámico, cambiante e incierto, donde abundan las novedades, que debe gestionarse de forma empoderada. Contribuye a pasar de un *feedback* autorregulador a un *feedforward* necesario.

2. Anatomía y fisiología cerebral del *feedback* entre iguales

El cerebro es un órgano complejo y extraordinariamente plástico. Es la sede de la cognición, donde se generan y gestionan todos los comportamientos y donde se almacenan todos los recuerdos y aprendizajes, incluidos los estados emocionales con que se realizaron. Desde una perspectiva biológica y evolutiva, una de sus funciones principales es regular el comportamiento, ajustándolo y adaptándolo al entorno en el que se forma, crece y vive el individuo para incrementar al máximo sus posibilidades de supervivencia. Aunque normalmente pase desapercibido, el cerebro está constantemente intentando anticiparse a los cambios futuros, a las novedades e incertidumbres, a través de las experiencias pasadas y en función del momento presente. Solo cuando el resultado de este proceso preconsciente implica un cambio significativo que pueda afectar la vida del individuo, se activan las zonas atencionales del cerebro, una estructura denominada tálamo que forma parte del sistema límbico, que fija el umbral de consciencia para que se puedan tomar cartas en el asunto.

El cerebro está formado por neuronas, que forman redes extremadamente complejas. Estas redes, además, no son estáticas, sino flexibles, y se van construyendo a través de los aprendizajes y las experiencias, a lo largo de toda la vida a través de la plasticidad neuronal. Dicho de otra manera, la cognición y el comportamiento se van construyendo y reconstruyendo constantemente a través de los aprendizajes y las experiencias, lo que tiene consecuencias interesantes en la aplicación del *feedback* entre iguales y, muy especialmente, en cómo se aplica.

El cerebro está estructurado en una serie de zonas de actividad preferencial, altamente interconectadas entre ellas (figura 1). Para el propósito de este capítulo, es preciso citar la corteza prefrontal y el sistema límbico. La corteza prefrontal está implicada en el control del comportamiento, la gestión de las funciones ejecutivas (que incluyen la reflexividad, la planificación, la toma de decisiones y la gestión emocional, entre otras), el aprendizaje consciente y la metacognición. El sistema límbico, a su vez, incluye el estriado, que está implicado en la motivación, las sensaciones de recompensa y la anticipación de futuras recompensas; el tálamo, que es el centro de la atención y marca el umbral de consciencia; la amígdala, encargada de generar las emociones; y el hipocampo, que es el centro gestor de la memoria, entre otras zonas. Todo este conjunto forma parte de un modo u otro del denominado *cerebro social*.

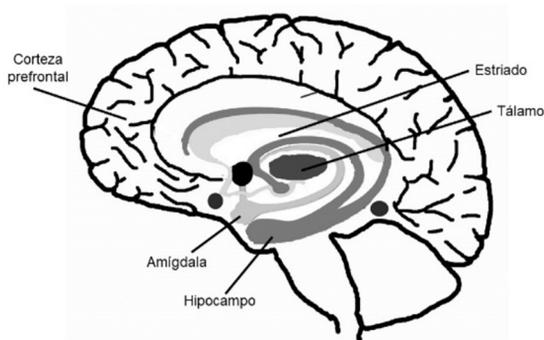


Figura 1. Áreas cerebrales importantes en el *feedback* entre iguales. Fuente: modificada de Bueno, D. (2019).

Así, usando técnicas electrofisiológicas se ha demostrado que los procesos de *feedback* entre iguales activan y potencian redes neuronales implicadas en el cerebro social y socioemocional, y que déficits en estos aprendizajes socioemocionales incrementan la probabilidad de padecer trastornos afectivos durante la juventud. Las áreas cerebrales que se conectan con más intensidad y que, por consiguiente, potencian más su conectividad a través de la plasticidad neuronal durante el *feedback* entre iguales son la corteza prefrontal, la amígdala

dala y el estriado. Dicho de otra manera, el *feedback* entre iguales no solo contribuye a mejorar los aprendizajes y los propios procesos de aprendizaje a través de la reflexividad, sino que, además, los dota de significado emocional y es capaz de activar procesos motivacionales. Contribuyendo a lo que en pedagogía se llama, precisamente, *aprendizajes significativos*.

A nivel de neurotransmisores, se ha visto que estos procesos de *feedback* dependen de la dopamina, la serotonina y la noradrenalina, todos ellos relevantes desde la perspectiva educativa. La dopamina está implicada en proporcionar sensaciones de recompensa y en anticipar futuras recompensa, y también en la generación de sensaciones de motivación y de optimismo. La serotonina, por su parte, está involucrada en la regulación del estado de ánimo, la cognición, el aprendizaje y la memoria. Y la noradrenalina estimula y promueve la atención y predispone para la acción.

Dicho de otra forma, uno de los efectos neuroquímicos del *feedback* entre iguales es contribuir a consolidar los aprendizajes, incrementar el nivel de motivación y generar un estado de ánimo proclive a nuevos aprendizajes, lo que incluye no solo la motivación necesaria para continuar adquiriéndolos, sino también, de manera relevante, la predisposición a la acción necesaria para querer seguir creciendo cognitivamente. Como se ha dicho en un apartado anterior, facilita el paso del *feedback* (la información sobre el desempeño de una tarea por parte de una persona que se utiliza como base para la mejora) al *feedforward* (que lo proyecta hacia el futuro).

3. Claves para un buen (neuro)desarrollo a través del *feedback* entre iguales

A pesar de todo lo dicho, cabe destacar que se han hallado diferencias significativas en estos procesos neuronales y neuroquímicos en función de cómo se efectúa el *feedback*, cosa que enfatiza la importancia de formar no solo a los docentes, sino también a los estudiantes para que puedan sacar el mejor provecho del *feedback* entre iguales. Una

de las distinciones clave atañe al denominado *feedback positivo*, en comparación con el *negativo*.

De forma general, el *feedback* positivo se centra en apreciar ciertos actos, comportamientos y demostraciones de habilidad proporcionando una crítica veraz y realista que incrementa la motivación y refuerza el comportamiento a través de proposiciones asertivas y proactivas. En este sentido, la palabra *crítica* hay que entenderla como la evaluación de las cualidades y los defectos de un producto de cualquier tipo, no únicamente como el enjuiciamiento de hechos y conductas de forma desfavorable, como a menudo se considera. En contraposición, el *feedback* negativo se centra en destacar los aspectos negativos y en hacerlo de forma finalista, no asertiva ni proactiva hacia la mejora.

Se ha visto que el *feedback* positivo tiende a activar más el estriado, el área cerebral implicada en generar sensaciones de recompensa y en anticipar futuras recompensas, mientras que el negativo tiende a activar más la amígdala, centro generador de las emociones, y lo hace en modo «amenaza», lo cual con facilidad puede cursar con sensaciones de miedo (para esconderse o escapar de la posible amenaza, tanto si es cierta como figurada) o de ira (para enfrentarse a dicha amenaza, de forma habitualmente agresiva).

En este mismo sentido, se ha demostrado que el *feedback* positivo activa redes neuronales implicadas en iniciar cursos de acción, mientras que el negativo tiende a activar redes neuronales involucradas en la detención de acciones. Dicho de otra manera, el *feedback* positivo predispone a la acción, lo que, a su vez, se relaciona de nuevo con el *feedforward*. El negativo, en cambio, contribuye a generar una cierta parálisis cognitiva.

No son los únicos parámetros implicados en las diferencias entre el *feedback* positivo y el negativo. Se ha visto que el *feedback* positivo incrementa más las sensaciones de recompensa y la anticipación de futuras recompensas en situaciones donde predomina una cierta incertidumbre. Y también se ha descrito que, a pesar de que el *feedback* negativo puede acelerar los aprendizajes a corto plazo, el *feedback* positivo incrementa la retención de estos aprendizajes a largo plazo, lo

cual, de nuevo, establece una relación clara entre el *feedback* positivo y el *feedforward*, pero no con el negativo.

Finalmente, otro aspecto relevante es el momento en que se realiza. Cuando el proceso de *feedback* se lleva a cabo con un cierto retraso con respecto a las actividades sobre las que se aplica, mejora la consolidación de la memoria, pero, al mismo tiempo, puede perjudicarla si, mientras tanto, se han realizado otras actividades diferentes. También se ha demostrado que este efecto del *feedback* diferido es mayor cuando las actividades sobre las que se realiza entrañan una cierta complejidad. Y se han proporcionado evidencias de que, por ejemplo, tras un ejercicio de evaluación de tipo test de opciones múltiples, el *feedback* diferido, comparado con el inmediato, incrementa el rendimiento cuando posteriormente se hacen preguntas cortas sobre el mismo tema.

4. Conclusiones

A modo de conclusiones, podemos decir que el *feedback* positivo entre iguales constituye un elemento clave en la formación de los estudiantes, dado que no solo incrementa los aprendizajes, sino que, además, profundiza en las estrategias de aprendizaje, permitiendo el paso al *feedforward*. A nivel cerebral, estimula los procesos de motivación y atención, afectando a los sistemas socioemocionales. A través de la plasticidad neuronal, estas activaciones favorecen el establecimiento y el fortalecimiento de conexiones y de redes neuronales que influirán en la percepción que los estudiantes tendrán de sí mismos y del entorno, incluida su relación con los futuros aprendizajes y las motivaciones que los impulsen a ellos, y en cómo se relacionarán con este entorno y con el resto de las personas.

Estas activaciones neuronales incluyen zonas clave del cerebro como la corteza prefrontal (reflexión, planificación, metacognición, toma de decisiones, gestión emocional, entre otros procesos cognitivos), el estriado (motivación sensaciones de recompensa y anticipación de futuras recompensas) y la amígdala (generación de estados

emocionales). Sin embargo, para una buena utilización del *feedback* (positivo, asertivo y proactivo), es preciso formar previamente a los docentes y a los estudiantes.

5. Bibliografía

- Boud, D. y Molloy, E. (2015). *El feedback en educación superior y profesional: Comprenderlo y hacerlo bien* (vol. 42). Narcea.
- Bueno, D. (2019). *Neurociencia aplicada a la educación*. Síntesis.
- Bueno, D. (2022). *El cerebro del adolescente*. Grijalbo.
- Cabrera Lanzo, N. y Mayordomo Saiz, R. M. (2016). *El feedback formativo en la universidad. Experiencias con el uso de la tecnología*. Colección Transmedia XXI. Universitat de Barcelona.
- Cano, E., Pons, L. y Lluch, L. (2020). *Feedback a l'educació superior*. Universitat de Barcelona.
- Clariana, R. B. (1999). *Differential memory effects for immediate and delayed feedback: A delta rule explanation of feedback timing effects*. Association for Educational Communications and Technology Annual Convention. Houston, 10-14 febrero.
- DePasque, S. y Tricomi, E. (2015). Effects of intrinsic motivation on feedback processing during learning. *NeuroImage*, 119, 175-186.
- Gielen, S., Peeters, E., Dochy, F., Onghena, P. y Struyven, K. (2010). Improving the effectiveness of peer feedback for learning. *Learning and Instruction*, 20(4), 304-315.
- Hattie, J. y Timperley, H. (2007). The power of feedback. *Review of Educational Research*, 77(1), 81-112.
- Ion, G., Cano-García, E. y Fernández-Ferrer, M. (2017). Enhancing self-regulated learning through using written feedback in higher education. *International Journal of Educational Research*, 85, 1-10.
- Metcalf, J., Kornell, N. y Finn, B. (2009). Delayed versus immediate feedback in children's and adults' vocabulary learning. *Memory & Cognition*, 37(8), 1077-1087.
- Sinha, N. y Glass, A. L. (2015). Delayed, but not immediate, feedback after multiple-choice questions increases performance on a subsequent

short-answer, but not multiple-choice, exam: Evidence for the dual-process theory of memory. *The Journal of general psychology*, 142(2), 118-134.

Van Duijvenvoorde, A. C., Zanolie, K., Rombouts, S. A., Raijmakers, M. E. y Crone, E. A. (2008). Evaluating the negative or valuing the positive? Neural mechanisms supporting feedback-based learning across development. *Journal of Neuroscience*, 28(38), 9495-9503.

8. Evaluación y neuroeducación: el tándem para potenciar aprendizajes significativos en la universidad

— Laia Lluch Molins¹ y Iolanda Nieves de la Vega²

¹Directora del centro Kumon Sant Boi de Llobregat-Marianao. Profesora asociada en la Facultad de Educación de la Universitat de Barcelona

²Especialista en Trastornos del aprendizaje, conducta y estados afectivos (UTAE). Profesora de la unidad docente Business Spanish for Communication en IESE Business School (Universidad de Navarra-UNAV)

Este capítulo analiza cómo la evaluación formativa y la neuroeducación pueden extender puentes para mejorar el aprendizaje en la educación superior. Se destaca la importancia del *feedback* continuo y cómo este puede influir en el cerebro, promoviendo conexiones neuronales eficaces y afectando la producción de dopamina y la activación de la amígdala. Se resalta que el *feedback* tiene que ser multidireccional, formativo y formador, requiriendo un entrenamiento tanto para docentes como para estudiantes en el manejo emocional y relacional de este.

Se explora la posibilidad de diseñar evaluaciones que reflejen la naturaleza emocional y social del aprendizaje, y se enfatiza la importancia de integrar la evaluación de tipo formativo, sostenible y auténtico para un aprendizaje contextual y significativo. La neuroeducación apoya este enfoque, subrayando que el aprendizaje es más efectivo cuando es significativo para el estudiante.

La evaluación formativa también respalda la autorregulación y la motivación, alineándose con los hallazgos de la neuroeducación sobre las funciones ejecutivas y su papel en el aprendizaje. Se sugiere que las tareas de evaluación tienen que fomentar la planificación, manipulación y autorreflexión de información, y adaptación de es-

trategias basadas en el *feedback* autorregulador, para el desarrollo de competencias transversales en los estudiantes. Se concluye que la comprensión de estos principios y su aplicación efectiva pueden mejorar significativamente los procesos de enseñanza-aprendizaje y las experiencias del estudiantado en el contexto universitario.

1. Evaluación y neuroeducación: un tándem necesario

Los principios de la evaluación y la neuroeducación convergen en su objetivo de optimizar el aprendizaje a través de una sólida comprensión del funcionamiento cerebral y de las estrategias pedagógicas eficaces. En este sentido, es esencial considerar los elementos clave de la evaluación en el contexto universitario y cómo estos se entrelazan con los principios de la neuroeducación para enriquecer el proceso educativo.

En primer lugar, el *feedback* continuo es un elemento crítico tanto de la evaluación formativa como de la neuroeducación. Este *feedback* constructivo y recurrente puede fortalecer las conexiones neuronales asociadas con conceptos y habilidades específicos, orientando al cerebro sobre los caminos neuronales más eficaces para la resolución de problemas y la realización de tareas. La neuroeducación también puede aportar a las prácticas evaluativas. Por ejemplo, la evaluación formativa, que facilita la retroalimentación continua para aprender, está alineada con la plasticidad cerebral y el aprendizaje progresivo.

El *feedback* positivo, proactivo y que promueve acciones de mejora incrementa la producción de dopamina en el núcleo estriado. Esto está vinculado con la atención, el aprendizaje, la resolución de problemas, la recompensa y la anticipación, la motivación o el optimismo. El *feedback* positivo potencia la memoria y tiene el efecto de consolidar las sinapsis recientes, que es donde se sustentan esos aprendizajes.

Por su parte, el *feedback* negativo disminuye la producción de dopamina y activa la amígdala, al tiempo que tiende a debilitar las conexiones, ya que produce sensaciones no placenteras. Asimismo:

[...] está reportado que los exámenes son eventos que producen un estrés moderado, factor que puede modificar, positiva como negativamente, la formación de un recuerdo. (Lluch Molins y Nieves de la Vega, 2019, p. 78)

Algunos estudios muestran que la memoria se consolida todavía más cuando se da una combinación de *feedback* positivo y negativo, siempre que la persona que lo reciba disponga de las herramientas de gestión emocional que le permitan interpretarlo.

Otro elemento que considerar es que el *feedback* o retroalimentación es multidireccional. El componente emocional y relacional que conlleva dar/ofrecer o recibir *feedback* debe aprenderse para hacerlo con sensibilidad, de manera constructiva y en el momento oportuno. Y eso exige práctica. Hay que pensar siempre: «¿Cómo me sentiría yo si recibiera el *feedback* de esta manera?». Tanto equipos docentes como alumnado necesitan pasar por un proceso de comprensión y entrenamiento para que la experiencia resulte productiva y estimulante tanto para el aprendiz como para el profesorado. Para facilitar que esto ocurra, es preciso que se generen espacios educativos en los que los vínculos personales sean sólidos y se dé un ambiente de confianza mutua, de expectativas positivas y de entender el error como parte del proceso de aprendizaje y mejora.

En segundo lugar, es posible diseñar evaluaciones que reflejen la naturaleza emocional y social del aprendizaje, incluyendo tareas que requieran la colaboración de los estudiantes o que incorporen problemas auténticos emocionalmente significativos para ellos. La evaluación en el marco de la educación superior se ha transformado en un proceso de diálogo y comprensión, resonando con los principios de la neuroeducación que promueven un aprendizaje activo y significativo. Este proceso de diálogo, el cual puede darse con docentes y otros estudiantes, favorece la codificación y consolidación de la información, y promueve una comprensión más profunda del material de estudio. De hecho, tal y como se ha indicado con anterioridad, una de las características de un buen *feedback* es la rapidez en su provisión. Para ello, y en situaciones de grupos numerosos, un *feedback* individuali-

zado parece poco viable. De ahí que un *feedback* colectivo, dirigido al grupo clase, puede ser también una estrategia valiosa.

En tercer lugar, la integración de la evaluación formativa en el currículo facilita un aprendizaje contextual y relevante, favoreciendo la codificación y el recuerdo de la información. La neuroeducación tiene mucho que ver con este enfoque, destacando que el aprendizaje es más efectivo cuando es relevante y significativo para el estudiante. De ahí que la autenticidad y la situacionalidad de las tareas de evaluación refuerzan la relevancia del aprendizaje, aumentando el compromiso cognitivo y emocional y fomentando la aplicación del conocimiento en contextos reales. Esta alineación con la vida real, el mundo profesional, permite la construcción de conocimiento más duradero y transferible, en consonancia con los principios de la neuroeducación. En esta línea, se puede solicitar al alumnado, a modo de ilustración, que describan cómo han resuelto un reto, un caso, un problema... y que piensen qué harían si tuvieran que enfrentarse a una situación similar. Así, podemos preguntarles qué han aprendido de ese caso y cómo transferirían ese aprendizaje a prácticas futuras.

En cuarto lugar, la autorregulación y la motivación, favorecidas por la evaluación formativa, se ven respaldadas por los hallazgos de la neuroeducación sobre las funciones ejecutivas y su papel en el aprendizaje. Tareas de evaluación que requieren planificación, retención y manipulación de información, y adaptación de estrategias a medida que se recibe *feedback*, enriquecen estas funciones y promueven la autonomía del aprendizaje. Además, la participación e involucración de los estudiantes en los procesos de evaluación (por ejemplo, en la compartición de los criterios de evaluación, en la creación de una rúbrica evaluativa, en la participación de procesos de evaluación entre iguales, entre otros) fomenta la autorregulación y la reflexión metacognitiva, permitiéndoles ajustar sus estrategias de aprendizaje y mejorar su juicio evaluativo. Este enfoque activo de aprendizaje está en el marco de la neuroeducación, que destaca el papel de la activación cognitiva en el aprendizaje eficaz.

Aprendizaje, autorregulación, y evaluación formativa constituyen los lados de un triángulo lleno de conexiones multidireccionales en

torno a «aprender a aprender». El *feedback* constituye un elemento clave por su impacto en los aprendizajes y en la consolidación de los conocimientos.

Por último, la evaluación formativa y la neuroeducación comparten el objetivo de utilizar estrategias pedagógicas basadas en la comprensión de cómo funciona el cerebro para promover un aprendizaje más profundo y duradero. A través de la implementación de prácticas de evaluación informadas por la neuroeducación, es posible potenciar la eficacia de la evaluación formativa y mejorar la experiencia de aprendizaje de los estudiantes en el ámbito universitario. Por otra parte, la neuroeducación puede proporcionar un marco de comprensión para identificar por qué algunos estudiantes pueden tener dificultades con ciertos tipos de evaluaciones o de actividades de aprendizaje. Por ejemplo, a un estudiante con ansiedad de evaluación puede representarle todo un desafío hacer pruebas escritas, pero podría demostrar eficazmente su conocimiento a través de una presentación oral o un proyecto práctico.

La evaluación formativa posibilita aprender de una de las fuentes más importantes del aprendizaje: los errores. Es decir, la evaluación formativa hace que las personas interpreten el *feedback* de una forma más positiva y, por tanto, productiva. Cuando las pruebas son numerosas y variadas, la ansiedad del alumnado frente a ellas se reduce (porque el riesgo en cada una se diluye) y, si se ofrece la oportunidad de corregir los errores anteriores (porque tratan los mismos objetivos de aprendizaje), su atención al *feedback* se multiplica.

En resumen, la neuroeducación ofrece perspectivas valiosas para mejorar tanto la enseñanza como la evaluación. Sí que resulta fundamental, y en el marco de un enfoque competencial tiene sentido, «realizar pruebas de producción (no de reproducción), auténticas, donde los estudiantes deben crear, tomar decisiones, resolver» (Cano *et al.*, 2020, p. 15). Al entender cómo aprende el cerebro, podemos diseñar experiencias de aprendizaje y evaluación que se alineen con estos procesos naturales, potenciando el rendimiento académico y la motivación de los estudiantes. Por ello, la intersección entre la evaluación formativa y la neuroeducación promueve una pedagogía más

informada y eficaz en la educación superior, potenciando el aprendizaje activo, la autorregulación, la motivación y el desarrollo de competencias transversales en los estudiantes.

Así, esa intersección entre neuroeducación y evaluación formativa nos aproxima a una evaluación que tiene por eje el siguiente decálogo propuesto:

1. Que esté integrada en el proceso de enseñanza-aprendizaje en general y vinculada a los criterios de evaluación en particular.
2. Que sea coherente con los objetivos, los contenidos, la enseñanza y las actividades realizadas en clase.
3. Que sea continua y ponga en el centro el proceso y el contexto con el fin de mejorar el aprendizaje.
4. Que sea respetuosa con la persona, sus capacidades, necesidades, objetivos y preferencias.
5. Que dé al alumnado un rol activo en el proceso de evaluación (siendo partícipe, por ejemplo, de procesos de autoevaluación y coevaluación).
6. Que sea diversa en instrumentos y momentos para evaluar el aprendizaje del alumnado.
7. Que favorezca el desarrollo o «entrenamiento» de las funciones ejecutivas, y la metacognición y la autorregulación del aprendizaje.
8. Que estimule el trabajo cooperativo y las relaciones socioafectivas.
9. Que devenga una brújula que nos lleve a evaluar para aprender y seguir mejorando.
10. Que persiga que cada estudiante sea capaz de relacionar lo aprendido con sus conocimientos previos y otros conocimientos, y de transferirlo y aplicarlo en diferentes contextos y situaciones.

2. Estrategias, herramientas, implicaciones clave y recomendaciones prácticas

La convergencia de la evaluación formativa y la neuroeducación requiere una implementación estratégica y reflexiva de herramientas y técnicas que respalden tanto los principios pedagógicos de la evaluación formativa como los hallazgos neurocientíficos de cómo aprende el cerebro. En este contexto, a continuación se presentan algunas estrategias y herramientas desde ambas perspectivas.

2.1. Desde la perspectiva de la evaluación formativa

- *Autoevaluación y coevaluación o evaluación entre iguales*: estas estrategias fomentan la reflexión y la metacognición, promoviendo el aprendizaje autorregulado y la capacidad crítica de los estudiantes. Herramientas como rúbricas o listas de verificación pueden facilitar estos procesos, proporcionando criterios claros para que los estudiantes evalúen su propio trabajo o el de sus pares.
- *Retroalimentación instantánea*: la implementación de tecnologías digitales, como las plataformas de aprendizaje en línea y las aplicaciones de respuesta en tiempo real, puede proporcionar a los estudiantes una retroalimentación instantánea, permitiendo ajustes más eficientes en su proceso de aprendizaje.
- *Tareas auténticas, complejas y retadoras*: diseñar tareas que reflejen problemas del mundo real puede aumentar la motivación y el compromiso de los estudiantes. Por ejemplo, el uso de portafolios electrónicos puede facilitar la presentación y evaluación de estas tareas, así como proporcionar un registro del progreso y el aprendizaje del estudiante a lo largo del tiempo.

2.2. Desde la perspectiva de la neuroeducación

- *Evaluación multimodal*: los hallazgos neurocientíficos sugieren que el cerebro aprende mejor cuando se involucran múltiples canales sensoriales. Por tanto, se han de favorecer herramientas y estra-

tegias de evaluación que promuevan el aprendizaje multimodal, como proyectos que requieran el uso de audio, vídeo, texto e interactividad. Favorecer un enfoque multisensorial permite integrar el mayor número posible de conexiones neuronales entre diferentes regiones cerebrales.

- *Espaciado y práctica distribuida*: en consonancia con los principios de la neuroeducación sobre cómo se consolidan las memorias a largo plazo, la evaluación debe incorporar la práctica distribuida y el espaciado del contenido a lo largo del tiempo. Parece que la práctica espaciada es más efectiva que la práctica masiva, porque genera más tiempo para reflexionar sobre lo que se está aprendiendo y ello permite consolidar mejor lo estudiado en la memoria a largo plazo; se refuerzan las conexiones neuronales ya formadas, dotando de significado al aprendizaje.
- *Práctica del recuerdo*: cuando intentamos recuperar de la memoria conceptos, hechos, destrezas (por ejemplo, al responder un cuestionario intentando recordar lo más significativo del material estudiado), estamos poniendo en práctica una estrategia de aprendizaje muy potente: hacernos preguntas. Esta es la esencia de la práctica del recuerdo o recuperación. Cada vez que hacemos el esfuerzo de intentar recordar, modificamos nuestra memoria y esta reconstrucción del conocimiento es muy importante para el aprendizaje.

Los mensajes breves, impactantes son útiles para causar sorpresa (quizás) y captar y mantener la atención. Pero la atención es un recurso limitado y eso que capta para ser aprendido debe pasar a la memoria. Si no elaboramos cognitivamente esa información, si no la relacionamos con lo que ya conocemos y sabemos, si no sabemos si nos gusta o no, si tiene que ver con nosotros o no, si estoy de acuerdo o si puedo completar esa información, o mejor matizarla, si no puedo compartirla con alguien más y construir una historia, ese mensaje breve no pasa a ser aprendido. (Carme Trinidad, Teresa Hernández y Anna Forés, en: *¿El futuro de la neuroeducación o algunas preguntas para futuras respuestas?*, p. 186)

- *Tareas que promuevan las funciones ejecutivas*: la evaluación formativa puede ser utilizada para reforzar las funciones ejecutivas del cerebro, como el control inhibitorio, la memoria de trabajo y la flexibilidad cognitiva. Herramientas como los rompecabezas, los juegos de lógica y las tareas de resolución de problemas o el aprendizaje-servicio pueden fomentar el desarrollo de estas habilidades.
- *Preguntas exploratorias*: una de las herramientas importantes para estimular las funciones ejecutivas y favorecer el aprendizaje es el uso de preguntas que hacen pensar y que van más allá del recuerdo de información. Estas preguntas constituyen interrogantes que movilizan cognitivamente al aprendiz para dar una respuesta en contexto con la situación, sus conocimientos y mentalidad, generando posibilidades de respuesta que pueden tener mayor o menor pertinencia.
- *Aprendizaje en contexto*: la exposición a situaciones de aprendizaje que impliquen dar solución a problemáticas reales, que, además, requieran creatividad, operatividad y del trabajo colaborativo eficiente, ayudan al desarrollo del funcionamiento ejecutivo. Al enfrentarse a problemáticas dentro de un contexto de realidad, se favorecen y entrenan la atención ejecutiva, la planificación, la flexibilidad cognitiva, la inhibición, la generación de hipótesis, la generación de metas u objetivos y la toma de decisiones.

Estas estrategias y herramientas, cuando se emplean de manera reflexiva y adaptativa, pueden promover una evaluación más eficaz que apoye el aprendizaje profundo, duradero y transferible en el ámbito universitario. No obstante, es crucial recordar que tanto la evaluación formativa como la neuroeducación han de implementarse poniendo en valor las necesidades, los objetivos y el contexto específico de cada situación educativa, así como el vínculo socioafectivo y las relaciones basadas en la confianza.

Para terminar, la combinación de la evaluación formativa y la neuroeducación tiene profundas implicaciones para la práctica docente universitaria no solo en la forma de enseñar, sino también en la

de evaluar. La comprensión de estos principios y su aplicación efectiva puede mejorar la enseñanza, el aprendizaje y la evaluación en el contexto universitario. A continuación, se detallan algunas de las implicaciones clave y se ofrecen recomendaciones prácticas para los docentes universitarios.

3. Implicaciones clave para la práctica docente

- *Enseñanza basada en el cerebro*: los docentes deben tener en cuenta cómo aprende el cerebro y adaptar sus métodos de enseñanza y evaluación para alinearse con estos principios. Esto pasa por integrar en su práctica docente estrategias y herramientas que estimulen el aprendizaje activo, multimodal, social y emocional.
- *Evaluación como herramienta de aprendizaje*: la evaluación debe considerarse no solo como una forma de «medir» el aprendizaje, sino también como una herramienta para promoverlo. Esto conlleva un cambio en el papel del docente, que pasa de ser un simple evaluador a un facilitador del aprendizaje.
- *Necesidad de formación continua*: para implementar efectivamente la evaluación formativa y los principios de la neuroeducación, los docentes necesitarán formación continua y apoyo institucional. La formación ha de centrarse en proporcionar a los docentes el conocimiento y las habilidades necesarios para implementar estas prácticas de manera efectiva en su contexto específico.

4. Recomendaciones prácticas

- *Implementar estrategias de evaluación formativa y formadora*: los docentes deben buscar formas de implementar la evaluación formativa y formadora en sus cursos, ya sea a través de la retroalimentación continua, la autoevaluación y la coevaluación, ya sea mediante la implementación de tareas auténticas y centradas en el estudiante.

- *Utilizar herramientas y estrategias neuroeducativas*: se han de implementar herramientas y estrategias basadas en los principios de la neuroeducación, tales como el uso de evaluaciones multimodales, la práctica distribuida y la promoción de las funciones ejecutivas.
- *Reflexionar sobre la práctica docente*: reflexionar de manera continua sobre su práctica, buscando formas de mejorar y adaptar sus métodos de enseñanza y evaluación en función de las necesidades y objetivos de sus estudiantes, también resulta altamente relevante.
- *Participar en la formación docente*: el hecho de buscar oportunidades para participar en programas de formación docente y aprendizaje profesional proporciona a los docentes las habilidades y el conocimiento necesarios para implementar estas prácticas de modo efectivo.

Al incorporar estas recomendaciones en la práctica docente, los educadores universitarios pueden aprovechar las ventajas de la evaluación formativa y la neuroeducación para mejorar la enseñanza y el aprendizaje, y de esta manera promover resultados educativos más positivos para sus estudiantes.

5. Conclusiones

Este capítulo ha explorado la intersección entre evaluación formativa y neuroeducación, mostrando su relevancia en la transformación de la enseñanza y el aprendizaje en la educación superior. Las claves de la evaluación formativa y los principios de la neuroeducación se entrelazan para proporcionar un enfoque más integrado y alineado con la cognición y las emociones humanas.

Se ha delineado cómo ambas perspectivas pueden beneficiarse mutuamente para enriquecer la evaluación y proporcionar un marco neurocientífico sólido para las prácticas evaluativas. Se han propuesto estrategias, herramientas y ejemplos prácticos para aplicar estos

principios en el aula. Las implicaciones y recomendaciones para la práctica docente subrayan la enseñanza basada en el cerebro, la evaluación como herramienta de aprendizaje y la necesidad de formación continua para los educadores.

6. Bibliografía

- Boud, D. y Molloy, E. (2013). Rethinking models of feedback for learning: The challenge of design. *Assessment and Evaluation in Higher Education*, 38(6), 698-712.
- Bueno, D. y Forés Miravalles, A. (2018). 5 principios de la neuroeducación que la familia debería saber y poner en práctica. *Revista Iberoamericana de Educación*, 78(1), 13-25.
- Bueno, D. y Forés, A. (coord.) (2021). *La práctica educativa con mirada neurocientífica*. Horsori.
- Cano, E., Pons, L. y Lluch, L. (2020). *Feedback en educación superior*. Col·lecció de OMADO (Objectes i MAterials DOcents), Universitat de Barcelona.
- Chun, Y. B. y Yuen, M. (2011). The Role of Feedback in Enhancing Students' Self-regulation in Inviting Schools. *Journal of Invitational Theory and Practice*, 17, 22-27.
- De Veld, D. M., Riksen-Walraven, J. M. y De Weerth, C. (2014). Acute psychosocial stress and children's memory. *Stress*, 17(4), 305-313.
- Hepplestone, S., Holden, G., Irwin, B., Parkin, H. J. y Thorpe, L. (2011). Using technology to encourage student engagement with feedback: a literature review. *Research in Learning Technology*, 19(2).
- Hupbach, A. y Fieman, R. (2012). Moderate stress enhances immediate and delayed retrieval of educationally relevant material in healthy young men. *Behavioral Neuroscience*, 126(6), 819.
- Lluch Molins, L. y Nieves de la Vega, I. (coord.). (2019). *El ágora de la Neuroeducación. La neuroeducación explicada y aplicada*. Octaedro / ICE-UB.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2011). Why Mind, Brain, and Education Science Is the «New» Brain-Based Education. *New Horizons for Learning*, 9(1).

- Valentin W., Maddox, W. T. y Ashby F. G. (2016). Dopamine dependence in aggregate feedback learning: A computational cognitive neuroscience approach. *Brain and cognition*, 109, 1-18.
- Wiseheart, M., Küpper-Tetzel, C. E., Weston, T., Kim, A. S., Kapler, I. V. y Foot-Seymour, V. (2019). *Enhancing the Quality of Student Learning Using Distributed Practice*. En: J. Dunlosky y K. A. Rawson (eds.). *The Cambridge handbook of cognition and education* (pp. 550-583). Cambridge University Press.

9. Exámenes: del estrés al reto

— David Bueno

Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo; Departamento de Genética, Microbiología y Estadística; Facultad de Biología; Universitat de Barcelona

Una de las principales cuestiones que se plantean en la educación es qué función deben cumplir los exámenes dentro del proceso de adquisición y consolidación de nuevos conocimientos. Tradicionalmente, las evaluaciones se han utilizado para verificar si un estudiante está cualificado, aunque también se pueden usar por otras razones, como, por ejemplo, para monitorizar el progreso que van realizando a lo largo de una asignatura o de un curso académico, y también como una herramienta educativa para influir en el propio proceso de aprendizaje, incluyendo el hecho de poder servir de estímulo para seguir avanzando. En cualquier caso, para muchos, si no para la mayoría de los estudiantes, los exámenes suelen ser una fuente de estrés adicional. La disposición temperamental hacia el estrés y la ansiedad contribuyen a las distintas percepciones que los alumnos tienen hacia los exámenes, pero el método de examen utilizado también desempeña un papel fundamental.

En este capítulo se discutirán los efectos de los exámenes y los sistemas de evaluación sobre las respuestas al estrés y sobre propio proceso de aprendizaje. No pretende ser una revisión de los sistemas de evaluación actuales o de las políticas educativas de las distintas universidades o grados académicos, sino proporcionar ideas que puedan ayudar a repensar el papel que juegan los exámenes y las evaluaciones y qué tipo de pruebas cumplen mejor esta función. Para ello, primero se verá de qué manera la tipología de los exámenes puede influir en el aprendizaje y, a partir de ahí, se considerarán los efectos del estrés en la consolidación de la memoria y en las funciones ejecutivas en diferentes escenarios.

1. Cómo la tipología de exámenes puede influir en el aprendizaje

La evocación de la memoria, que es una actividad cognitiva crucial durante los exámenes, supone un proceso activo que puede alterar el contenido y la accesibilidad de los recuerdos almacenados. Este efecto, que a menudo solo se vuelve visible con el paso del tiempo, es de gran relevancia para la práctica educativa. Se ha demostrado que la recuperación de la memoria propicia una mejor retención de lo aprendido que el mero estudio. Sin embargo, el estrés, que constituye una respuesta fisiológica ante una amenaza potencial y es muy común durante los exámenes y durante el proceso de preparación de estos, también puede afectar al proceso de aprendizaje y a la formación de la memoria de diferentes formas, por lo cual se pueden producir efectos contrapuestos.

Tradicionalmente, se utilizan diversas formas de examen y de evaluación, cada una de las cuales tiene características específicas que pueden influir en la enseñanza y el aprendizaje. A saber:

- *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. Por el contrario, las preguntas de redacción o ensayo permiten realizar una evaluación más completa de cómo los estudiantes han entendido un tema, así como de sus capacidades para aplicar sus conocimientos y hacer análisis, comparar, evaluar y sintetizar.
- *Pruebas de opción múltiple*, que se utilizan, sobre todo, 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. Permiten evaluar la comprensión y la capacidad de los estudiantes para aplicar los conocimientos y seleccionar información relevante.
- *Evaluación por ordenador*, que suele centrarse en preguntas de opción múltiple, pero que también puede incluir problemas interactivos en los cuales los estudiantes han de combinar 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 alumnos de forma dinámica e interactiva, incluyendo sus habilidades de aplicación, análisis, integración, argumentación y síntesis de información. Asimismo, la retroalimentación directa en el examen oral brinda oportunidades para que los estudiantes aprendan inmediatamente del propio examen y de sus respuestas y razonamientos. También se ha demostrado que presentar los conocimientos en voz alta contribuye a su consolidación. No obstante, 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 pósteres 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. 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, 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. En cambio, 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. En este sentido, las estrategias de *aprendizaje superficial* se pueden definir de manera simple como memorizar únicamente lo que se necesita para un examen. Se dice que los estudiantes que usan 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. Al contrario, los estudiantes que adoptan un enfoque de *aprendizaje profundo* buscan comprender el significado de lo que aprenden, y es más probable que tengan una curiosidad genuina sobre el tema de estudio y sobre sus interrelaciones con otros temas. También se ha demostrado que el aprendizaje activo aumenta el rendimiento de los estudiantes y que el aprendizaje basado en problemas mejora el aprendizaje profundo.

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 llevar a cabo las evaluaciones. Aunque, en la actualidad, la mayoría de las estrategias pedagógicas utilizan esta idea, es importante enfatizar estos aspectos, valorando no solo los logros individuales, sino también los conseguidos en grupo, a través de trabajos, y, por lo tanto, de sistemas de evaluación que sean colaborativos.

No obstante, el aspecto prácticamente común a todos los sistemas de examen y evaluación sigue siendo que a algunos o muchos estudiantes les generan estrés, un estado fisiológico que puede perjudicar todo lo aprendido y condicionar los aprendizajes futuros. Aunque el estrés puede tener efectos contradictorios.

2. 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 su consolidación. La consolidación de la memoria se refiere al proceso mediante el cual una memoria temporal se transforma en estable y duradera (figura 1). Durante la consolidación de la memoria, los sistemas cerebrales que la sustentan se reorganizan. En este proceso intervienen el hipocampo y el neocórtex. El hipocampo es parte del sistema límbico y tiene la función de gestionar la memoria y reorganizarla durante su consolidación. El neocórtex, por su parte, es donde se origina y se gestiona el funcionamiento cognitivo superior, incluidas las funciones ejecutivas (capacidad para reflexionar y planificar, para decidir basándonos en los razonamientos previos, para conocer y gestionar nuestro estado emocional, etc.).

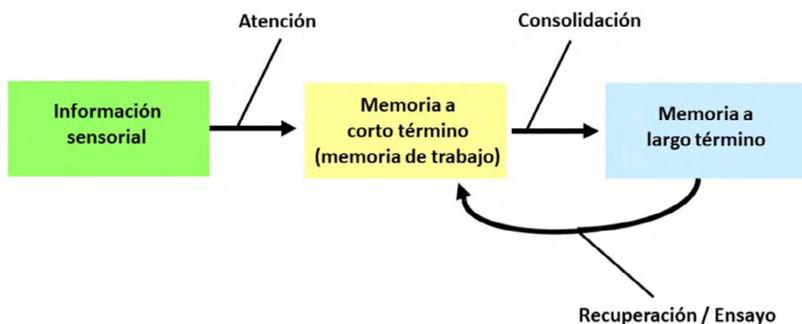


Figura 1. De la memoria sensorial a la memoria a largo plazo: el papel de la recuperación de la memoria en su consolidación.

Dentro de este contexto, la memoria almacenada a largo plazo vuelve transitoriamente a un estado lábil cada vez que la evocamos, para luego estabilizarse de nuevo, en un proceso denominado *reconsolidación*. Cabe señalar que la naturaleza dinámica de la memoria a largo plazo hace que se reconstruya cada vez que se evoca o se utiliza, lo que contribuye a que se vaya ampliando y refinando, ganando en eficiencia, pero también la vuelve vulnerable al error, como pasa, por

ejemplo, en los falsos recuerdos. Dicho de otra manera, el acto mismo de recordar el recuerdo cambia el propio recuerdo.

Este punto subraya la importancia de usar métodos de evaluación que no perjudiquen los aprendizajes previos, sino que contribuyan a su crecimiento y consolidación, como ocurre, por ejemplo, cuando los estudiantes tienen que analizar información nueva relevante para el examen y aplicar de la memoria es un proceso activo que consolida la información y, por lo tanto, disminuye la incidencia de olvido. Este efecto es especialmente relevante cuando se combina con el espaciamiento entre el aprendizaje y las recuperaciones sucesivas (figura 2). Así, 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.

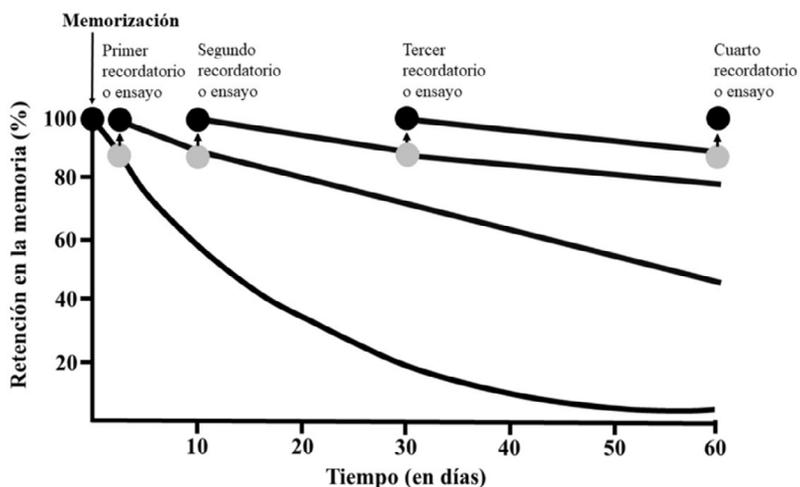


Figura 2. Idealización del efecto de espaciar la recuperación de conocimientos para ralentizar y disminuir el olvido.

3. 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 de cambios fisiológicos y endocrinos para restablecer la homeostasis. Si bien la respuesta al estrés es muy compleja, con numerosos mediadores involucrados, existen dos sistemas de estrés principales que son críticos para la modulación de los procesos de aprendizaje y memoria: el sistema nervioso autónomo, de activación rápida, y el eje hipotálamo-pituitario-adrenal, más lento. El sistema nervioso autónomo se activa en segundos, lo que lleva a la liberación de catecolaminas como la noradrenalina. 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 (que gestiona la memoria), la amígdala (que genera los estados emocionales) y la corteza prefrontal (en el neocórtex).

En lo que se refiere al eje hipotálamo-pituitario-suprarrenal, se activa unos 10 segundos más tarde que el sistema nervioso autónomo, lo que resulta en la liberación de corticosteroides como el cortisol, que pueden inducir 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. Y es posiblemente aquí donde radica el quid de la cuestión que se aborda en este capítulo, en el equilibrio entre las catecolaminas y el cortisol. Se ha demostrado que el estrés puntual experimentado justo antes de la recuperación de la memoria, cuando los niveles de catecolaminas son altos y los niveles de cortisol todavía no son demasiado elevados, puede tener efectos muy diferentes a los del estrés experimentado en otros momentos de la recuperación, cuando los niveles de catecolaminas son bajos y el cortisol está en funcionamiento. En cualquier caso, se ha visto que el estrés crónico agudo tiende a inducir la atrofia del hipocampo, lo cual puede afectar al almacenamiento de la memoria a largo plazo.

De modo similar, las distintas etapas de la memoria, como la codificación, la consolidación o la recuperación, pueden verse afecta-

das de forma diferente por estos cambios fisiológicos en función del tiempo que haya transcurrido después de una situación estresante, y también en anticipación a ella. En este sentido, se ha demostrado que la exposición a un estrés puntual leve o moderado 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, cosa que es importante tener en cuenta, puesto que es el caso de la mayoría de los exámenes y evaluaciones (figura 3). 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.

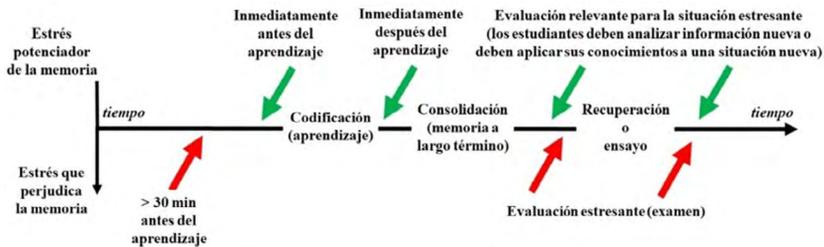


Figura 3. Los efectos del estrés en la memoria según la proximidad temporal y el proceso de memoria específico.

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. 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*, por su parte, 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 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 que 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. Dicho de otro modo, 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 pueden reducir el rendimiento de la memoria durante la recuperación. En cambio, el estrés tóxico (agudo) deteriora ambos procesos, lo que se puede producir en muchos exámenes.

Aparte de esta información general, cabe señalar la existencia de diferencias individuales en cuanto a características de temperamento, como la capacidad para gestionar el estrés y para activar mecanismos de resiliencia, que son relevantes para todo lo discutido, aunque no ahondaremos en ellos.

4. Conclusiones

La evaluación es inseparable de la práctica docente y afecta tanto a la forma en que aprenden los estudiantes como a la manera en que enseñan los profesores. Más allá de los conocimientos conceptuales, para favorecer procesos cognitivos como los que intervienen en las funciones ejecutivas, los exámenes han de permitir la movilización de procesos cognitivos como la comprensión, la descripción, la representación, la resolución, el razonamiento, la reflexión y la comunicación.

Lo más significativo de todos estos datos 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 puntual leve o moderado en el momento del aprendizaje mejora la memoria, pero el estrés producido mucho antes o mucho

después del aprendizaje, o en un contexto claramente diferente, no solo no promueve nuevos aprendizajes, sino que incluso dificulta la codificación exitosa de nueva información. En cambio, el estrés agudo o tóxico afecta a la recuperación de la memoria y, por consiguiente, a su reconsolidación.

En todo caso, de forma crucial para el tema que se aborda en este capítulo, si la prueba o examen que precisa la recuperación de memorias es relevante para la situación estresante, o bien si se utiliza un contexto que implique la incorporación de datos novedosos, los recuerdos de lo aprendido se salvan de los efectos dañinos del estrés. Este punto enfatiza la importancia de los métodos de evaluación que no interrumpan el aprendizaje previo, sino que contribuyan a su crecimiento y consolidación, como cuando los estudiantes han de analizar información novedosa relevante para el examen y aplicar el conocimiento previo a esta situación. 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.

5. Bibliografía

- Bueno, D. (2021). Exams as a source of stress. How assessments may affect learning through stress. *Science of Learning Portal (IBE-IBRO)*. <https://solportal.ibe-unesco.org/articles/exams-as-a-source-of-stress-how-assessments-may-affect-learning-through-stress>
- Dolmans, D. H. J. M., Loyens, S. M. M., Marcq, H. y Gijbels, D. (2016). Deep and surface learning in problem-based learning: a review of the literature. *Adv. Health Sci. Edu. Theory Pract.*, 21(5),1087- 1112.
- Johnson, B. E. (1938). The Effect of Written Examinations on Learning and on the Retention of *Learning*. *J. Exp. Educ.*, 7(1), 55-62.
- Latimier, A., Peyre, H. y Ramus, F. (2021). A meta-analytic review of the benefit of spacing out retrieval practice episodes on retention. *Educational Psychology Review*, 33, 959-987.

- Roosendaal, B. (2002). Stress and memory: opposing effects of glucocorticoids on memory consolidation and memory retrieval. *Neurobiol Learn Mem.*, 78(3), 578-595.
- Sara, S. J. (2020). Retrieval and reconsolidation: Toward a neurobiology of remembering. *Learn Mem.*, 7, 73-84.
- Schönfeld, P., Ackermann, K. y Schwabe, L. (2014). Remembering under stress: different roles of autonomic arousal and glucocorticoids in memory retrieval. *Psychoneuroendocrinology*, 39, 249-256.
- Schwabe, L., Joëls, M., Roosendaal, B., Wolf, O. T., Oitzl, M. S. (2012). Stress effects on memory: an update and integration. *Neurosci Behav Rev.*, 36(7), 1740-1749.
- Schwabe, L. y Wolf O. T. (2009). The context counts: congruent learning and testing environments prevent memory retrieval impairment following stress. *Cogn Affect Behav Neurosci.*, 9, 229-236.
- Scouller, K. (1998). The influence of assessment method on students' learning approaches: Multiple choice question examination versus assignment essay. *Higher Education*, 35, 453-472.
- Shen, J., Hiltz, S. R. y Bieber, M. (2007). Collaborative online examinations: Impacts on interaction, learning, and student satisfaction. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics - Part A: Systems and Humans*, 36(6), 1045-1053.
- Van den Broek, S. E. G., Takashima, A. y Verhoeven, L. (2014). Do testing effects change over time? Insights from immediate and delayed retrieval speed. *Memory*, 22(7), 803-812.
- Van den Broek, S. E. G., Takashima, A., Wiklund-Hörnqvist, C., Wirebring, L. K., Segers, E., Verhoeven, L. y Nyberg, L. (2016). Neurocognitive mechanisms of the «testing effect»: A review. *Trends Neurosci Educ.*, 5(2), 52-66.
- Wang, B. y Bukuan, S. (2015). 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.*, 157, 56-64.

10. Interdisciplinariedad: la imprescindible sinergia entre ciencias y humanidades para una formación integral

— David Bueno

Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo; Departamento de Genética, Microbiología y Estadística; Facultad de Biología; Universitat de Barcelona

Una de las grandes canciones el rock'n'roll es, sin duda, *Another Brick in the Wall - Part 2 (Otro ladrillo en el muro - 2.ª parte)*, de Pink Floyd. Escrita por Roger Waters en 1979, denuncia algunos de los efectos de la educación formal sobre los jóvenes, especialmente con respecto a su adoctrinamiento y encasillamiento, e incluye versos tan contundentes como «We don't need no education / We don't need no thought control» ('No necesitamos ninguna educación / No necesitamos ningún control mental'). En el álbum *The Wall*, Pink Floyd utiliza los ladrillos como metáfora para explicar cómo las experiencias que vivimos y los aprendizajes que realizamos se pueden convertir en un muro que nos aísla. Unos aprendizajes y experiencias que también incluyen los estados emocionales con que los realizamos y los vivimos.

Partiré de una proposición que creo fundamental: el objetivo principal tanto de las humanidades entendidas en sentido amplio (artes plásticas, filosofía, literatura, música, etc.) como de las ciencias es contribuir al bienestar y a la dignidad humanos. Y una sociedad formada por personas que se desarrollan en bienestar y dignidad puede ser más justa y libre. La universidad puede, y debe, contribuir a ello. Ahora bien, si tanto las ciencias como las humanidades forman parte de este todo, ¿hasta qué punto una educación segregada en disciplinas académicas casi estancas, en «ladrillos», como los del muro de Pink Floyd, puede estar cumpliendo este objetivo?

1. ¿Ciencia versus humanidades?

La especie humana es la única capaz de generar, utilizar y transmitir conocimientos de forma consciente. Nuestro linaje es el único que ha convertido sus actividades cotidianas en arte y que ha utilizado el arte como medio para influir en sus propias actividades. Los mismos mecanismos evolutivos que han modelado el resto de las especies en la nuestra han permitido la génesis progresiva de un cerebro especialmente complejo, capaz de generar una rica, plural y también compleja actividad mental. Esta actividad incluye muchos aspectos diversos y complementarios, desde los más instintivos, como la agresividad defensiva, la búsqueda de placer, el grupalismo y la sociabilidad, entre muchos otros, hasta los más elaborados, que incluyen el raciocinio y la creatividad, que generan la poesía, el arte y la ciencia, entre otras muchas manifestaciones.

También nos han dotado de una curiosidad que nos empuja a la búsqueda de novedades, que generalmente canalizamos hacia aquellas que pensamos que nos permitirán vivir mejor. Todo ello nos ha permitido desarrollar múltiples sistemas para conocer e interpretar el mundo, así como para cambiarlo en beneficio nuestro. No solo el arte nació con nuestra especie; también lo hicieron la filosofía, la historia, la literatura, la poesía, la ciencia y la técnica en sus múltiples especialidades, lo que ahora venimos en clasificar, de forma dicotómicamente cartesiana, como ciencia y humanidades. Y, en la universidad, lo subdividimos en especializaciones académicas muy concisas.

Esta subdivisión tiene también su lógica. Es imposible asimilar toda la enorme cantidad de conocimientos que hemos ido acumulando estos últimos siglos, por no decir milenios, en una sola vida. Y también es imposible profundizar lo suficiente en todos estos conocimientos para contribuir a su avance. Sin embargo, si, como decía en la introducción, el objetivo principal de las humanidades y de la ciencia debe ser contribuir conjuntamente al bienestar y a la dignidad humanos, ¿es posible hacerlo sin un mínimo de interrelaciones entre ellas que nos permitan ver más allá de los ladrillos de nuestro muro particular, los de la disciplina académica en que nos especializamos?

Para empezar, no es fácil definir qué implica cambiar el mundo «en beneficio nuestro». Dicho así, de forma general, muy posiblemente lo que para algunos signifique un beneficio revierta en forma de perjuicio para otros. Por ejemplo, probablemente la mayor parte de personas coincidiríamos en considerar el desarrollo de las energías renovables como un beneficio, o incluso como un imperativo, dada la situación actual, pero la necesidad de obtener determinados materiales escasos como el neodimio o el litio, o de difícil extracción, como el cobre, puede significar un perjuicio para los habitantes de determinadas zonas de la Tierra.

Diversos trabajos de neurociencia cognitiva y de sociología han demostrado que solemos aplicar paradigmas morales diferentes a los miembros de quienes consideramos nuestro grupo (profesional, étnico, político, nacional, deportivo, vecinal, etc.) respecto a los que atribuimos a los miembros de otros grupos, lo que implica ya de buen inicio un sesgo en lo que consideramos «bienestar y dignidad» para nosotros en comparación con los «demás».

De forma parecida, a menudo se habla de *ciencia y humanidades* como si fuesen dos realidades opuestas, casi como si se tratase de un choque antagónico entre objetividad y subjetividad, entre razón y emoción. Y de los científicos y humanistas como si fuésemos dos colectivos predisuestos a ignorarnos, e incluso a malentendernos. Un tópico que, salvo algunas excepciones fruto de radicalismos ideológicos, como los que pueden surgir del cientifismo o de frases como la del filósofo Jean-Paul Sartre: «La ciencia no me interesa para nada», está completamente alejado de la realidad.

Partiendo de la proposición de que el objetivo del conocimiento tiene que ser contribuir al bienestar y a la dignidad humanos, sería fácil decir que la ciencia necesita de las humanidades, puesto que precisa de las reflexiones filosóficas y artísticas, y también éticas y morales, del contexto social e histórico, etc., de igual modo que sería fácil decir que las humanidades no pueden vivir de espaldas a la ciencia, porque esta impregna todos los aspectos de nuestra vida, incluso de la misma investigación humanística, por ejemplo, en las técnicas de análisis químico, físico y genético que se usan en histo-

riografía, o en los avances en neurociencia para comprender mejor la esencia del ser humano en filosofía.

También sería sencillo discutir si en las tertulias culturales, en los diversos medios de comunicación y, por lo que atañe a este capítulo, en los planes de estudio de los distintos grados, cursos de especialización y másteres universitarios, hay un equilibrio adecuado entre ciencias y humanidades (que no significa en absoluto al cincuenta por ciento). ¿Cuántas veces hemos oído decir, por ejemplo, que los científicos no hemos de meternos en temas cuya raíz es, a ojos de algunos, enteramente social, como puede ser el caso de las conductas violentas? ¿O viceversa, que los humanistas en general (filósofos, artistas, etc.) no pueden contribuir a entender aspectos de la psiquiatría médica? Por suerte, cada vez disminuyen más estas opiniones, pero todavía se mantienen en algunos ámbitos.

La *ciencia* se suele definir como el conjunto de conocimientos obtenidos mediante la observación, el razonamiento y la experimentación, sistemáticamente estructurados mediante la aplicación del método científico, y de los cuales se deducen principios y leyes generales que permiten la realización de predicciones comprobables usando también el método científico. Generalmente, la ciencia se relaciona, de forma preconsciente, tal vez instintiva o por contagio cultural, con la razón.

Las *humanidades*, en cambio, se acostumbran a definir como el conjunto de estudios y conocimientos relacionados con las actividades que exaltan los valores humanos, e incluyen disciplinas relacionadas con el estudio y el uso del lenguaje, como la literatura, la gramática, la prosodia, etc.; el pensamiento, como la filosofía; el arte en sus múltiples manifestaciones (plásticas, musicales, etc.); la religión y la ética; las ciencias sociales, etc.

La actividad mental que genera nuestro cerebro, sin embargo, funciona constantemente en estos dos niveles. Por un lado, cuenta con estructuras especializadas en elaborar razonamientos a partir de las informaciones de que dispone, entre las que destaca la corteza prefrontal. Se ha visto, por ejemplo, que los niños usan el método científico de forma instintiva y preconsciente como parte del programario

básico del cerebro para descubrir y adaptarse al entorno. Pero también se valen de razonamientos filosóficos básicos, como, por ejemplo, el silogismo disyuntivo, para discernir los distintos aspectos de la realidad. Y del arte en todas sus manifestaciones para adquirir y transmitir conocimientos y estados emocionales.

Estas áreas, en cualquier caso, no se encuentran aisladas, sino que interaccionan sin cesar con otras estructuras implicadas en los juicios morales, como la unión temporal-parietal derecha y el lóbulo frontal, y con la corteza prefrontal ventromedial, implicada en el control emocional y la adherencia a las normas sociales, entre otras; en la generación de emociones, como la amígdala; en la anticipación de recompensas, la motivación y el optimismo, como el estriado; y en los recuerdos, como el hipocampo, entre otras muchas.

En este sentido, se ha visto, por ejemplo, que la corteza orbitofrontal es una región crítica para la combinación de las señales sensoriales y viscerales relacionadas con una emoción. Esta región es importante para guiar la conducta y contribuir a los procesos de toma de decisiones. Las personas que presentan lesiones en la corteza prefrontal ventromedial parecen guiarse únicamente por el criterio de utilidad en sus elecciones, sin dejarse influir por los aspectos emocionales de la situación a la hora de tomar la decisión, siendo, por consiguiente, una región relevante para la adecuación de las reacciones emocionales al contexto social en el que se encuentra el individuo, y también para la elaboración de juicios morales. O, visto al revés, la potenciación sinérgica de todas estas zonas del cerebro debería permitir una mayor integración de todos los aspectos que conforman la esencia humana, para evitar, en lo posible, encerrarnos en nuestros propios muros de ladrillos idénticos.

2. Juntas, pero no revueltas

¿Qué quiero decir con todo esto? Que, a pesar de la aparente y a veces interesada contraposición entre ciencias y humanidades, ambas forman parte de nuestro «programario» básico como seres humanos. La separación cartesiana estricta entre ciencia y humanidades se originó

durante el Renacimiento, a partir de las *humanitatis studia*. Uno de los momentos clave es, sin duda, la publicación de *El discurso del método*, de René Descartes, en 1637. Esta separación ha permitido grandes avances en cada una de las múltiples disciplinas académicas, puesto que han podido desarrollar sus propios métodos de estudio y análisis. Y, por lo tanto, hasta cierto punto deben mantenerse de esta forma. La cuestión es si debe mantenerse esta impermeabilidad entre las distintas áreas académicas en los estudios universitarios. O si, de alguna manera, se debería facilitar la interacción sinérgica entre humanidades y ciencias, y entre ciencias y humanidades, para el enriquecimiento mental de nuestros estudiantes.

La incorporación de una vertiente humanística a la formación e investigación científica y, en paralelo, de una vertiente científica a la formación e investigación humanística con el objetivo de conseguir una contribución mayor al bienestar y a la dignidad humanos exige una formación integral que englobe, de forma recíproca, equilibrada, constructiva e integradora, ciencias y humanidades.

¿Significa esto que tenemos que mezclar ciencia con humanidades, o humanidades con ciencia? La fusión completa de saberes, como sucedía antes del Renacimiento, ya no es posible, ni tan siquiera deseable, puesto que la especialización es demasiado alta. Asimismo, generaría una amalgama de conocimientos pseudocientíficos y pseudohumanistas que cabe evitar. Pero es importante (de hecho, yo diría que imprescindible) que las diferentes áreas del conocimiento se comuniquen entre sí, en una cooperación pluridisciplinar formalmente equiparable a la que se produce en el cerebro de cualquier persona durante su actividad mental.

Dicho de otro modo, en lugar de una amalgama científico-humanista, se trataría, utilizando las palabras del filósofo, ingeniero y escritor Salvador Pániker, «de que los paradigmas científicos fecunden realmente a los discursos filosóficos», a lo cual yo añadiría «a las humanidades en general». Y, del mismo modo, también añadiría que los paradigmas humanistas también fecunden las ciencias y los avances científicos, conservando todos ellos su identidad diferencial y sus estrategias de avance y descubrimiento.

La filosofía, por ejemplo, nos puede ayudar a hallar sentido a nuestra vida; la antropología social y la sociología contribuyen a entender el porqué de la sociedad actual, su origen y los posibles escenarios de futuro; la poesía nos permite expresar el uso de las palabras y los sintagmas para exaltar las emociones; el arte visual nos ayuda a relacionarnos con el mundo; la historia nos proporciona un espejo para proyectar en el pasado nuestro pensamiento sobre el presente, el cual, a su vez, encierra las claves del futuro; la genética y la evolución nos ofrecen los elementos para conocer el origen y el funcionamiento de nuestra biología; gracias a la neurociencia, entendemos los mecanismos que generan nuestros pensamientos; la física brinda herramientas para utilizar de manera más razonable los recursos energéticos; la ecología nos permite percibir la Tierra como un todo interconectado, etc. Cada una con su metodología, sus conceptos, sus objetivos, su contribución al bienestar y la dignidad humanos.

Precisamente, es en la frontera entre las distintas disciplinas, en su interacción conceptual y metodológica, donde a menudo se producen los avances más impactantes del conocimiento, los más útiles a escala individual y social, cosa que añade todavía más importancia a los conocimientos humanistas en la formación científica y a los conocimientos científicos en la humanística.

¿Cómo podemos trasladar todo esto al entorno académico de la universidad? La interdisciplinariedad, decía el físico y museólogo Jorge Wagensberg, es una actitud, por lo que una formación pluridisciplinar debería contribuir a generarla. Tradicionalmente, los planes de estudio de los niveles educativos obligatorios incluyen tanto materias científicas como humanísticas. Se podría discutir si la proporción es equilibrada y adecuada o si se producen sesgos que afecten la formación integral de las personas, pero de lo que no cabe duda es de que, al ingresar los estudiantes en los niveles preuniversitarios y universitarios, esta interdisciplinariedad desaparece, y empieza una especialización cada vez más restringida justo en el momento del neurodesarrollo en que el cerebro empieza a estar más capacitado para establecer las mejores relaciones entre disciplinas dispares y para razonar como nunca antes había hecho. Y, por consiguiente, para aprovechar las si-

nergias que surgen y, al mismo tiempo, distinguir de la mejor manera sus objetivos, métodos y campos de estudio y aplicación.

Es decir, la separación más cartesiana entre ciencias y humanidades empieza en el momento en que los estudiantes podrían sacar un mejor provecho de la relación entre los distintos campos del conocimiento, en el proceso reflexivo que los ha de llevar a la construcción de sí mismos. Esta etapa vital coincide con el inicio de la juventud, la antesala de la edad adulta, cuando se termina de conformar la personalidad y la visión que tenemos del mundo y de nosotros mismos, de nuestra profesión y de la sociedad en que vivimos, unos aspectos con los que modelaremos esta misma sociedad. Remitiéndome a la metáfora con la que empezaba este capítulo, es el momento de ofrecer la máxima variedad de elementos de construcción para que cada uno se construya su propio «muro» de la forma más flexible y adaptable posible, menos prona al «control mental» contra el que nos advertía Waters en *Another Brick in the Wall Part 2*. Un muro que no separe, sino que establezca vínculo.

La separación cartesiana estricta tal vez consiga generar profesionales competitivos altamente cualificados y especializados en ámbitos muy concretos, aunque algunos estudios indican que no es este el caso. Pero no necesariamente contribuye forjar a personas reflexivas adaptadas y adaptables a una sociedad plural cuyo objetivo se centre, principalmente, repito una vez más, en la promoción del bienestar y la dignidad personales y globales. Pienso que este debería ser el objetivo principal final de cualquier proceso educativo y justifica, también, una vez más, la necesidad de incorporar las humanidades en la formación e investigación científicas, y de forma absolutamente recíproca la de incorporar la ciencia a la formación e investigación humanistas.

¿Cómo? La manera más sencilla es incorporando en todos los estudios universitarios unos créditos de áreas académicas complementarias, que los estudiantes puedan (y deban) elegir para avanzar, según sus planes vitales, en su propia progresión personal y profesional: filosofía, arte, literatura, historia, etc., en las áreas científicas; y ciencias ambientales, biología, física, química, neurociencia, etc., en las humanísticas. No por fuerza para ser evaluadas al estilo llamémoslo «tradi-

cional», con notas, sino para ser discutidas y disfrutadas. Y también, por supuesto, a través de la actitud de los docentes de todas las áreas académicas, que han de favorecer este intercambio cultural por medio de discusiones, seminarios e, incluso, por qué no, «intercambiándose» estudiantes entre distintas áreas académicas para que las ideas de unos fecunden las mentes de los otros, y viceversa.

3. Bibliografía

- Bueno, D. (2011). *El enigma de la libertad. Una perspectiva biológica y evolutiva de la libertad humana*. Publicacions de la Universitat de València.
- Bueno, D. (2017). *Neurociencia para educadores*. Octaedro.
- Bueno, D. (2019). *Neurociencia aplicada a la educación*. Síntesis.
- Bueno, D. (2022). *Science and humanities during infancy and adolescence*. Science of Learning Portal (IBE-IBRO).
- Bueno, D., Casanovas, J. y Garcés, M. (2019). *Higher Education in the World 7: Humanities and Higher Education: Synergies between Science, Technology and Humanities*. Global University Network for Innovation (GUNi).
- Descartes, R. (1636 [2011]). *Discurso del método*. Alianza.
- Feyerabend, P. (1975 [2007]). *Tratado contra el método*. Tecnos.
- Fuster, J. M. (2013). *The Neuroscience of Freedom and Creativity*. Cambridge University Press.
- Pániker, S. (2007). A propósito de un nuevo humanismo. En: Brockman, J. (ed.). *El nuevo humanismo*. Kairós.
- Redolar, D. (ed.) (2022). *Neurociencia cognitiva*. Editorial Médica Panamericana (2.ª ed.).
- VV. AA. (2012). What is reality? *New Scientist*, 2884.
- Wagensberg, J. (2014). *El pensador intruso*. Tusquets.

11. La transferencia del aprendizaje en la era de la inteligencia artificial

— **Ana María Fernández¹ y Gilberto Pinzón²**

Impulsores de la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st. Fundadores del modelo de transformación educativa VESS. Profesores del Máster de Neuroeducación de la Universitat de Barcelona

¹Directora ejecutiva y presidenta de Education First

²Vicepresidente de Education First

El modelo educativo actual está desvinculado de la realidad del mundo que vivimos y se enfrenta al desafío de adaptarse a un contexto que cambia exponencialmente. A pesar de que existen nuevos sistemas educativos en escuelas y universidades que se alinean mejor con las necesidades actuales, la educación profesional en su conjunto sigue anclada a antiguos modelos de formación para un mundo laboral que ya no existe. Lograr generar contextos de aprendizaje significativo, que permitan transformar lo aprendido en acciones que aporten valor a la humanidad, es hoy esencial y posible. Cuestionarse el rol de las instituciones terciarias ante el panorama actual es también una reflexión inexcusable.

1. Nuevos tiempos, nuevos desafíos

Un informe reciente de Boston Consulting Group hace referencia al desajuste de habilidades en rápido crecimiento en todo el mundo y estima que 1300 millones de personas poseen competencias que no están alineadas con las necesidades laborales. La velocidad a la que la tecnología y la ciencia están generando nuevas herramientas y avances hace muy difícil mantener el ritmo entre las habilidades

y conocimientos requeridos en un mundo que cambia de manera vertiginosa en el día a día. Hasta hace unas tres décadas, a las instituciones de formación profesional les resultaba relativamente fácil mantener el ritmo entre lo que se necesitaba desarrollar y aprender y lo que requería el mercado laboral; hoy el desafío es mayúsculo y la educación terciaria encara un gran reto a la hora de interpretar las tendencias, los aprendizajes y las competencias requeridos en la era de la inteligencia artificial (IA).

Las empresas encuentran enormes discrepancias entre las habilidades requeridas para los puestos de trabajo y la formación de los candidatos provenientes de universidades e instituciones de educación terciaria. Esto ha llevado a que múltiples organizaciones decidan establecer sus propios centros de actualización y desarrollo profesional. Empresas como Abbot, Adobe, MasterCard, Stryker y Polaris, entre cientos de otras, invierten millones de dólares en la creación de programas de formación internos para facilitar la adquisición de conocimientos y habilidades requeridos en un mundo donde la agilidad y la eficiencia son críticas. El panorama laboral está altamente impactado por la automatización y la IA. Se extinguen profesiones y se genera nueva demanda en la búsqueda de agilidad y eficiencia. Lo aprendido en el proceso de formación terciaria ha de poder transferirse al panorama laboral durante el ejercicio de la construcción y el aprendizaje.

2. Comprender para transferir

El término *transferencia del conocimiento* abarca numerosas definiciones en la literatura académica. Nos basaremos en la que propuso Vicky Ward y sus colaboradores en 2009, que establece que la *transferencia del conocimiento* es el proceso de convertir el conocimiento en acción; esto incluye el conocimiento tácito, las ideas innovadoras y los resultados de investigaciones.

La transferencia es el fin último del aprendizaje, la aplicación de lo aprendido para implementarlo de manera práctica. Es el proceso de entender el universo, el entorno, a nosotros mismos, y poder pro-

yectar ese conocimiento para generar nuevas preguntas, correcciones y avances que agreguen valor a la humanidad con nuestras acciones.

El logro de esta transferencia no es siempre viable, fundamentalmente porque, para poder usar algo que aprendimos, es preciso diferenciar entre aprender memorizando y aprender comprendiendo. La memorización es un requisito *sine qua non*, es el almacenamiento del conocimiento a expensas del fortalecimiento de las conexiones sinápticas, pero la comprensión es un proceso complejo del cerebro que exige el procesamiento de la información, la integración de esta con otros conocimientos y el contexto, así como la participación de elementos como la memoria de trabajo y metacognición para dar sentido a lo aprendido.

Si no comprendemos, no podemos transferir lo aprendido. Si no se considera el panorama actual, el contexto real y las posibles conexiones que pueden desprenderse de lo que se aprende, regresaremos a un modelo de aprender memorizando que no puede ser considerado como el modelo que habría que usar actualmente en ningún ámbito de enseñanza-aprendizaje. El primer elemento para encauzar el aprendizaje y poder aplicar lo que aprendimos en la educación terciaria es el de aprender comprendiendo. Parece obvio, pero, al mirar profundamente los procesos que viven hoy miles de estudiantes, se evidencia todavía un modelo teórico, poco práctico, que no tiene en cuenta los conceptos y las necesidades actuales. La urgencia de revisión de los programas, una actualización conectada a la transferencia de conceptos y habilidades, es incuestionable.

3. Componentes y procesos de transferencia del conocimiento

Hay programas de formación profesional que se han construidos sobre la base de la transferencia inmediata y continua de los conocimientos, mientras se desarrollan simultáneamente habilidades necesarias para dicha profesión. El área de la salud es, sin duda, el mejor exponente de este modelo: los programas están diseñados sobre la fundamentación de la práctica real y el aprendizaje basado en ella.

Otras áreas profesionales también han ido incorporando programas para la transferencia mediante la generación de alianzas con el sector público y privado que abren sus puertas a los estudiantes para darles la oportunidad de transferir conocimientos al mundo real al tiempo que incorporan otros nuevos. Por desgracia, esto no basta. La educación terciaria necesita darse el permiso de replantearse y asegurar que la transferencia sea realmente el objetivo permanente de cada paso del proceso de formación profesional.

Tras una extensa revisión de la literatura sobre el tema de transferencia del conocimiento, consideramos clave compartir los hallazgos del grupo de Vicky Ward (Ward *et al.*, 2009), que concluye que hay cinco componentes o etapas en la transferencia y tres procesos utilizados para lograrla, que han sido utilizados por diferentes sectores, incluyendo el educativo. Este marco conceptual persigue la aplicabilidad de los aprendizajes.

Los componentes están conectados a través de un conjunto complejo y multidireccional de interacciones. Son individuales, pero pueden ocurrir a la vez o en cualquier orden, y pueden también suceder más de una vez durante el proceso de transferencia del conocimiento.

Estos componentes son:

1. *La identificación de problemas o situaciones y su comunicación*: se refiere a la complejidad en la comunicación en el momento de identificar los problemas o situaciones para la aplicación de los conocimientos (transferencia).
2. *Desarrollo y selección del conocimiento o investigación*: es el conjunto de acciones que promueven la transferencia, dentro de las cuales hallamos la generación, la síntesis y la adaptación del conocimiento buscando satisfacer una necesidad.
3. *Análisis del contexto*: es la identificación de las barreras y los factores que dificultan la posibilidad de transferir el conocimiento. Las barreras pueden ser de orden individual, organizacional o cultural, pero también pueden tener que ver con la motivación de los individuos respecto a generar acciones con los conocimientos adquiridos.

4. *Actividades e intervenciones de transferencia*: aluden específicamente a las formas de intervención para lograr la transferencia de conocimientos en sí. Son de dos tipos: de difusión y de interacción, y ambas constituyen acciones que forman un ciclo de actividades, incluida la selección, adaptación, implementación y evaluación de las intervenciones.
5. *Uso del conocimiento*: es ya la identificación específica de los diferentes tipos de uso del conocimiento, como son el uso conceptual, el uso directo o el uso procedimental; adicionalmente, incluye las diversas acciones asociadas a la utilización del conocimiento, como el seguimiento y el mantenimiento del uso del conocimiento y la evaluación de su impacto.

En lo que concierne a los procesos para la transferencia, los autores distinguen tres niveles:

1. *Proceso lineal*: implica una progresión gradual entre componentes individuales con un inicio y un punto final identificables. Hay una progresión desde generar la consciencia sobre la evidencia hasta garantizar la adherencia práctica a la evidencia de la transferencia.
2. *Proceso cíclico*: es el más frecuente de los tres tipos de procesos, hay una progresión gradual de los componentes del modelo conceptual de transferencia, es interactivo y continuo, lo cual favorece la generación de nuevos problemas.
3. *Proceso dinámico multidireccional*: es interactivo y multidireccional, e involucra a muchos actores y actividades diferentes. Los componentes individuales de los modelos no están vinculados de forma lineal, sino que pueden ocurrir simultáneamente o en diferentes secuencias. Este proceso más complejo implica la interacción entre los integrantes, sus relaciones y las estrategias utilizadas para la transferencia.

4. Nuevas perspectivas, nuevas habilidades

La formación profesional requiere que las personas puedan poner en acción (transferir) prontamente lo aprendido. En algunas ocasiones, esto cuesta, hay limitación de espacios de práctica o la práctica en sí misma es compleja, por los riesgos que pueden presentar. En estos escenarios, la IA y las tecnologías emergentes brindan experiencias y oportunidades de formación que permiten personalizar la experiencia del aprendizaje, en la cual el aprendiz progresa a su ritmo, mientras las plataformas de IA propician una retroalimentación inmediata al estudiante y van generando diferentes estrategias y recursos que aceleran la adquisición de los conocimientos y habilidades requeridos. Por otro lado, y para favorecer la transferencia, existen tecnologías como la realidad aumentada (RA) y el metaverso que van perfeccionándose en la generación de experiencias extremadamente cercanas a la realidad y que permiten prototipar situaciones en las cuales se pueden practicar, transferir y desarrollar los conocimientos y habilidades adquiridos durante las fases de aprendizaje. Cada día, el acceso a estas oportunidades es menos costoso y más fácil para todos.

Mientras muchas organizaciones y compañías ya han optado desde hace varios años por la incorporación de nuevos modelos y tecnologías en el desarrollo profesional de su gente, las universidades se muestran más desconfiadas, mantienen los esquemas lineales y tradicionales de enseñanza-aprendizaje; en algunos casos han generado propuestas híbridas, que aportan, pero no necesariamente son de bajo coste o tan efectivas durante todo el proceso de formación.

El uso de los simuladores para el aprendizaje, el desarrollo de habilidades y la transferencia de estas tiene una larga trayectoria, con beneficios comprobados en diversos campos profesionales como la aviación, la ciencia, los deportes y la medicina, entre otros. Es indiscutible la eficiencia que se consigue en lo relativo a la reducción del coste y la mejora en la calidad del entrenamiento de los pilotos. De la misma manera, podemos apreciar cómo el mundo de los videojuegos, la RA y otras tecnologías emergentes están facilitando y acelerando el aprendizaje de los estudiantes.

Por ello, a partir de la información obtenida de HolonIQ (plataformas de aprendizaje personalizado impulsadas por IA), hoy hay 9,3 millones de estudiantes registrados en programas con IA. Asimismo, los sistemas de tutoría basados en IA logran mejorar el aprendizaje de los estudiantes en un 20 % si se compara con las metodologías tradicionales. Un estudio realizado por EdSurge halló que las herramientas de calificación basadas en IA pueden calificar tareas hasta 10 veces más rápidamente que los profesores, lo cual les da la posibilidad de enfocarse más en el aprendizaje personalizado de sus estudiantes. Los docentes y estudiantes se benefician, ya que la IA puede analizar grandes cantidades de datos para identificar patrones y generar conocimientos que ayuden a los educadores a tomar decisiones informadas. Un informe de Technavio estima que el mercado de la IA en el sector educativo crecerá hasta 3680 millones de dólares en 2025.

Cada vez más universidades integran el uso de IA y de tecnologías emergentes para mejorar y facilitar el aprendizaje de sus estudiantes. Tsinghua University en China, Nanyang Technological University en Singapur, MIT Carnegie Mellon y Stanford en los Estados Unidos están liderando la lista de instituciones de educación terciaria que usan tecnologías emergentes para favorecer el aprendizaje y la transferencia de conocimientos de sus estudiantes.

Pero ¿qué beneficios aportan la RA y el metaverso en cuanto a la adquisición de conocimientos y su implementación en la acción?

- La RA y el metaverso brindan experiencias inmersivas que permiten a los estudiantes interactuar con objetos y entornos virtuales. Este enfoque práctico los ayuda a visualizar conceptos complejos y aplicar conocimientos teóricos en escenarios prácticos.
- En relación con el aprendizaje visual y multisensorial, al superponer información virtual en el mundo real, la RA mejora el aprendizaje visual. Los alumnos pueden ver y manipular objetos digitales, observar modelos 3D y explorar simulaciones interactivas. Esta experiencia multisensorial mejora la comprensión y retención del conocimiento.

- La RA y el metaverso permiten a los estudiantes contextualizar su aprendizaje. Pueden aplicar conceptos teóricos en entornos del mundo real, haciendo conexiones entre ideas abstractas y aplicaciones prácticas. Esta comprensión contextual mejora la transferencia de conocimientos.
- La RA y el metaverso ofrecen oportunidades para experiencias de aprendizaje colaborativo. Los estudiantes pueden participar en espacios virtuales compartidos, trabajando juntos para resolver problemas, hacer experimentos o explorar mundos virtuales. Esto estimula el trabajo en equipo, la comunicación y el intercambio de conocimientos.
- Al incorporar elementos del juego, la RA y el metaverso hacen que el aprendizaje resulte más atractivo y divertido. La gamificación motiva a los estudiantes a participar, lo cual conduce a una mayor transferencia y retención de conocimientos.

Desde la perspectiva de neurociencia y las tecnologías emergentes, sabemos que desarrollos tecnológicos como los chatbots, que son el brazo conversacional de la IA, como el ChatGPT, se generaron a partir de la simulación de la estructura cerebral de redes neuronales. Esto permite que el acceso a la información y la respuesta no sean lineales, sino que, al igual que en nuestro cerebro, se produzca la activación simultánea de diferentes redes y estructuras. De esta forma se agilizan las respuestas. Este mismo esquema está siendo utilizado para facilitar la interacción con el metaverso y RA.

Nuestro cerebro gusta de la exposición a estas tecnologías emergentes, razón por la cual pueden ser tan efectivas en la búsqueda del aprendizaje eficiente y efectivo. El uso de RA y el metaverso pone en marcha procesos de atención. La corteza prefrontal del cerebro, que gobierna funciones ejecutivas como la atención y la concentración, participa activamente en el filtrado de información relevante del entorno virtual y en la dirección de nuestros recursos cognitivos. Asimismo, las experiencias de RA a menudo incorporan múltiples modalidades sensoriales, como la visión, el sonido y el tacto. La circunvolución temporal superior del cerebro y las áreas de integración

multisensorial trabajan juntas para integrar y combinar entradas sensoriales, creando una experiencia cohesiva e inmersiva. La RA y el metaverso pueden evocar respuestas emocionales. El sistema límbico, incluidos la amígdala y el hipocampo, desempeña un papel central en el procesamiento de emociones y la formación de recuerdos emocionales, y el compromiso emocional experimentado en estos entornos virtuales puede influir en nuestra experiencia general y en la formación de la memoria, al participar en interacciones sociales dentro del metaverso o la RA. Las neuronas espejo pueden activarse, pues estas, que se encuentran principalmente en la corteza premotora y el lóbulo parietal inferior, se activan tanto cuando realizamos una acción como cuando observamos a otra persona realizando esa misma acción. Este efecto espejo nos ayuda a comprender y empatizar con las acciones e intenciones de los demás en las interacciones sociales virtuales.

Según Fierce Education, dentro de los próximos diez años la IA, la realidad virtual (RV), los *chatbots* y la RA se identificarán como las principales tendencias tecnológicas en la educación superior. Esto indica un creciente enfoque en estas tecnologías emergentes como parte de iniciativas educativas no solo por los beneficios anteriormente enumerados, sino también por su gran capacidad para simular espacios y experiencias de activación de los conocimientos en situaciones prácticas de transferencia.

5. Conclusiones

El objetivo principal del aprendizaje es la transferencia, la cual debe basarse en la comprensión y la conexión con el entorno actual. Es imposible aplicar lo aprendido si no se entiende y, menos aún, si no responde a las necesidades y los desafíos actuales. Algunas instituciones terciarias han creado espacios para fomentar la aplicación del conocimiento en situaciones reales, e incluso hay carreras y programas centrados en la transferencia. Desafortunadamente, muchas instituciones educativas brindan pocas o ninguna oportunidad para que los estudiantes apliquen su aprendizaje en acciones relevantes para los

contextos laborales actuales. Existen varios modelos diseñados para fomentar la transferencia, incluyendo un marco conceptual de cinco conceptos y tres procesos que puede guiar en la planificación de un plan de transferencia.

El ritmo acelerado de los avances en tecnología y ciencia, junto con el desarrollo de nuevos productos y servicios, está transformando nuestro mundo. Nos enfrentamos a desafíos que exigen un enfoque ágil y la capacidad de aprender de manera eficiente. Los avances nos obligan a utilizar tecnologías flexibles y versátiles que facilitan el aprendizaje y la transferencia de habilidades, proporcionando experiencias prácticas y relevantes. Tecnologías emergentes como la IA, la RV y la RA, así como el metaverso, están aquí para quedarse. Pronto dominarán muchos campos tradicionalmente reservados a la formación profesional. Estos sectores no tienen otra opción que adoptar estas tecnologías y avances; de lo contrario, serán reemplazados por otras propuestas que sí que los incorporen.

Nos preguntamos, entonces, cuál el papel de las instituciones terciarias en el desarrollo laboral mediante tecnologías emergentes y formación virtual. ¿Será, su rol, fomentar la adaptabilidad humana, la colaboración y la conciencia? Quizás la transferencia esencial ya no reside en las tareas mismas, sino en la comprensión de la adaptación humana.

6. Bibliografía

- Darling-Hammond, L., Barron, B., Pearson, P. D., Schoenfeld, A. H., Stage, E. K., Zimmerman, T. D., Tilson, J. L. *et al.* (2015). *Powerful learning: What we know about teaching for understanding*. John Wiley & Sons.
- De Elorsa Feldborg, G. (2021). *Educación, neurociencia y nuevas tecnologías*. Servicop.
- De Elorsa Feldborg, G. (2023). *Metaverso y Educación*. Servicop.
- Hirsh-Pasek, K., Zosh, J. M., Hadani, H. S., Golinkoff, R. M., Clark, K., Donohue, C. y Wartella, E. (2022). *A Whole New World: Education*

Meets the Metaverse. Policy Brief. Center for Universal Education at The Brookings Institution.

- Nao, J., Sun, H., Wang, Q., Ma, S., Zhang, S., Dong, X., Zheng, D. *et al.* (2017). Adverse effects of the apolipoprotein E $\epsilon 4$ allele on episodic memory, task switching and gray matter volume in healthy young adults. *Frontiers in Human Neuroscience*, 11, 346.
- Puckett, J., Hoteit, L., Perapechka, S., Loshkareva, E., and Bikkulova, G. (2020). *Fixing the Global Skills Mismatch*. <https://www.bcg.com/publications/2020/fixing-global-skills-mismatch>
- Ward, V., House, A. y Hamer, S. (2009). Developing a framework for transferring knowledge into action: a thematic analysis of the literature. *Journal of Health Services Research & Policy*, 14(3), 156-164.
- Zhang, X., Chen, Y., Hu, L. y Wang, Y. (2022). The metaverse in education: Definition, framework, features, potential applications, challenges, and future research topics. *Frontiers in Psychology*, 13, 6063.

Páginas web

- Kumar, N. (2022). *When The Metaverse Meets Online Learning*. <https://elearningindustry.com/when-the-metaverse-meets-online-learning>
- Marr, B. (2023). *The Future Of Learning Reshaped By VR, AR, And Blockchain*. <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2023/06/29/the-future-of-learning-reshaped-by-vr-ar-and-blockchain/?sh=5575326b7155>

12. Realidad extendida e inteligencia artificial

— David Bueno

Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo; Departamento de Genética, Microbiología y Estadística; Facultad de Biología; Universitat de Barcelona

El uso de la realidad extendida (RE) y de la inteligencia artificial (IA) en educación ha puesto en jaque muchos de los preconceptos que se tenían. Las opiniones de los docentes y los estudiantes van desde la admiración, por las posibilidades que abren, hasta el rechazo más absoluto, por los posibles riesgos que pueden entrañar. No resulta fácil abordar un tema como este justo al inicio de su desarrollo, a riesgo no solo de equivocarse en las propuestas y predicciones, sino también de que se vea superado en muy poco tiempo. Sin embargo, o precisamente por estos motivos, es preciso empezar a abordarlo. En este capítulo se tratarán las distinciones prácticas entre estos tres campos tecnológicos aplicadas a la educación universitaria, qué posibilidades abren y también qué riesgos pueden comportar desde la perspectiva de la neuroeducación.

1. Cómo interpreta el cerebro la realidad extendida

La RE es la combinación de interacción gráfica generada por computadora con la realidad física del entorno, así como las interacciones persona-máquina, y se puede dar a distintos niveles. En términos básicos, se habla de *realidad aumentada* (RA), *realidad virtual* (RV) y *realidad mixta* (RM). La RA es la más accesible y usada, puesto que no se requiere el uso de dispositivos externos, como gafas o cascos; basta un *smartphone* u otro dispositivo, como una tableta o un orde-

nador portátil. Su objetivo es capturar un entorno del mundo real y aportarle información complementaria *in situ*, que se superpondrá a la real. Algunos ejemplos de la RA son las aplicaciones de decoración de interiores que muestran, por ejemplo, cómo se vería un sofá en el salón de la propia casa antes de comprarlo, o determinados juegos en los que el jugador debe buscar personajes virtuales «escondidos» entre los elementos reales del entorno.

La RV implica una experiencia completamente inmersiva en un entorno cien por cien virtual recreado por ordenador. La forma más extrema sería el denominado *metaverso*, que se refiere a una red de espacios digitales donde se pueden producir interacciones sociales, unos espacios que se pueden crear digitalmente más allá de la realidad del entorno físico. El entusiasmo que generó inicialmente el metaverso hizo predecible una aceptación cada vez mayor de la «desmaterialización» del yo, extendiéndolo hacia entornos virtuales. En la RV se hace necesario el uso de diversos accesorios, como cascos o gafas, e incluso guantes y vestidos equipados con sensores. Esta realidad, que nació con fines lúdicos, se ha extendido a una enorme variedad de áreas profesionales, laborales y prácticas, como la arquitectura, o para ensayar procedimientos quirúrgicos antes de llevarlos a la práctica.

Por último, la RM, la más novedosa y desconocida, pretende crear una nueva forma de interactuar con los entornos tanto físicos como los tecnológicos o virtuales. Esto se hace combinando elementos de la RV y de la RA. Con la ayuda de cascos o gafas específicos, proporciona una experiencia inmersiva en la cual se puede ver, disfrutar, diseñar y elaborar de manera digital a la vez que es posible mantener la conciencia y el sentido de un entorno real existente. Los usos de la RM abarcan desde ver películas en el hogar con inmensas pantallas y sonido envolvente hasta experiencias educativas que permiten a los niños ir a un safari en las llanuras de África desde su aula escolar o, en entrenamiento académico, por ejemplo, en áreas de ingeniería.

En cualquier caso, para asimilar de qué modo pueden utilizarse, en primer lugar es importante entender cómo percibimos sensorialmente el mundo físico que nos rodea. En el cuerpo humano se encuentran diseminados diferentes tipos de receptores que son sensibles

a los estímulos del entorno. Por ejemplo, los receptores de la retina son sensibles a los fotones de luz; los de la lengua y la nariz se activan ante elementos químicos disueltos en agua u otros líquidos o volátiles, respectivamente; los del oído, a las vibraciones, y los de la piel responden cuando esta se deforma mecánicamente o ante otros estímulos como la temperatura. También tenemos receptores en el interior de nuestro cuerpo, como los propioceptores y los interoceptores, que recogen información sobre el estado interno.

En el sistema nervioso, esas señales (luz, fuerzas mecánicas, ondas sonoras, compuestos químicos, etc.) se transforman en actividad eléctrica, que es el lenguaje que usan las neuronas. Finalmente, la corteza cerebral interpreta toda esa actividad eléctrica y nos proporciona una experiencia perceptiva, unificando las informaciones que le llegan por los distintos canales para que obtengamos una percepción unificada de la realidad. En consecuencia, podemos decir que la realidad, tal como la conocemos, es una construcción que realiza nuestro sistema nervioso a partir de la información que recibimos de los sentidos, pero añadiendo también información interna relacionada con nuestras expectativas y experiencias previas, que sirven para dotar de sentido a las experiencias perceptivas.

Dentro de este esquema, la RE, en cualquiera de sus modalidades, incluye espacios digitalizados que permiten constituir una realidad alternativa en la que tengan cabida diferentes acciones de interacción, para posibilitar que el usuario pueda llevar a cabo acciones o adquirir conocimientos que se hallan en ese momento fuera de la realidad física. Para ello, es fundamental que la experiencia sea inmersiva y de gran realismo, que el cerebro la interprete como «realmente física». El usuario tiene que encontrarse dentro de ese mundo digital, o mezcla de físico y digital, interactuando con todos sus elementos de una forma similar a como sucedería en la realidad.

Si, por ejemplo, la RE utiliza exclusivamente información visual, la experiencia del usuario deja de ser totalmente inmersiva. Por ello, en los últimos años se postula una RE que permita al cerebro recibir información de diferentes ámbitos y modalidades. Por ejemplo, sumergirnos visualmente en ese mundo digital a través de una gafas,

pero añadiendo sensores biométricos que registren los movimientos voluntarios en el mundo físico, posibilitando que nuestro avatar dentro de esa realidad digital haga lo mismo que el usuario. Incluso, en los casos más avanzados, disponiendo de registros electrofisiológicos sensibles a los cambios en la respuesta emocional de la persona o incluyendo motores de IA capaces de discriminar entre diferentes emociones a partir de la expresión corporal y facial. Se trata de llevar las interacciones en esta una RV a un grado similar a la manera como suceden en la vida real.

En definitiva, cuanto más realismo exista y más inmersiva sea la experiencia que se consiga en el metaverso, más fácil le será a nuestro sistema nervioso construir una experiencia perceptiva similar a la experiencia que tiene lugar en el mundo real. Asimismo, se facilitarán las interacciones, incluso en el terreno emocional.

2. La realidad extendida en educación superior: oportunidades y riesgos

La relación existente entre el mundo digital de la RE y el físico posee claras implicaciones para el cerebro, a través de cómo interpreta y gestiona las informaciones que le llegan a través de los sentidos. Ello, sin duda, influye y puede ser utilizado en contextos de aprendizaje. Dentro de un contexto educativo, la RA consiste en la creación de un ambiente digital estimulante que aporte *inputs* e informaciones relacionadas directamente con el contexto físico real del momento, lo que permite expandir la experiencia física, sensorial y cognitiva de esa vivencia, a través, por ejemplo, de códigos QR o de la sobreimposición de informaciones adicionales a la realidad que se observa a través de dispositivos móviles por simple geolocalización. Diversos trabajos han demostrado su utilidad para favorecer la comprensión de procesos difícilmente observables o explicables de forma directa, como la vida microscópica dentro de un estanque, los elementos decorativos y de construcción o el contexto histórico de un monumento o una obra de arte, o el funcionamiento de un aparato complejo. O que impliquen

un coste o un riesgo excesivamente elevado. Las simulaciones e informaciones que proporciona la RA permiten relacionar ideas abstractas con el mundo físico real, posibilitando que se amplíe su comprensión.

Respecto a la RV, a través de un mundo generado completamente de forma digital, se hace preciso el uso completo de avatares personalizados y de grafismos 3D de gran realismo para las interacciones entre los usuarios, y entre el usuario y el mundo digital. Los límites de lo posible se difuminan, dado que es factible, por ejemplo, generar avatares que vuelen en mundos completamente ficticios, y donde las características de estos avatares dependan únicamente de lo que el «yo» del usuario quiera mostrar, sin necesidad de que exista ninguna correspondencia en cuanto a la apariencia física, edad, género, etc. Por ello, permiten generar situaciones inmersivas en ambientes cuya producción en el mundo físico real sería excesivamente costosa o entrañaría riesgos excesivos, como, por ejemplo, simular respuestas ante un incendio o un terremoto, las consecuencias de una conducción temeraria, cómo se siente una persona ante una situación de violencia de género o de acoso, etc.

Finalmente, en la RM se refleja el mundo real, pero integrando y proporcionando informaciones externas. Un ejemplo clásico se puede encontrar en aplicaciones como Google Earth. En contextos educativos se pueden citar los laboratorios virtuales, donde el sujeto encuentra todos los elementos digitalizados de un laboratorio real y los puede usar como lo haría en la realidad, superando posibles restricciones y limitaciones físicas de los procesos de aprendizaje, con un coste infinitamente menor y con unas posibilidades de ensayo muy superiores. Y también los espacios de aprendizaje compartido, como, por ejemplo, a través de las aplicaciones para videoconferencias.

El uso de la RE en educación superior implica toda una serie de oportunidades, pero también de riesgos que se deben tener en cuenta. Aparte de las oportunidades ya citadas, como la sobreimposición de informaciones adicionales, el uso de laboratorios virtuales o de espacios de aprendizaje compartido o la generación de situaciones inmersivas complejas, permite crear nuevos espacios de comunicación social; incrementar el nivel de libertad para crear y compartir; y pro-

porcionar nuevas experiencias de aprendizaje que resulten intelectual y cognitivamente estimulantes.

No obstante, diversos trabajos también enfatizan las limitaciones y los posibles riesgos que puede entrañar el uso de las distintas aproximaciones de la RE en educación, especialmente la RV (como el metaverso) cuando se hace un uso excesivo o no se gestionan de forma correcta. Destaca, entre otros, el hecho de que las interacciones sociales son más débiles y livianas que en el mundo físico real, lo que es de gran relevancia en educación, teniendo en cuenta la importancia de las interacciones sociales a la hora de adquirir y fijar aprendizajes que sean significativos. También destaca el hecho de que, a través de los avatares, los usuarios muestren «lo que quieren mostrar» de sí mismos, en lugar de mostrarse «como son», con mucha más intensidad y facilidad que en el mundo real. Esta circunstancia puede dar lugar a visiones sesgadas de las demás personas y de uno mismo, y, por consiguiente, de las relaciones sociales que surgen y de la manera en que se han de gestionar; ello, a su vez, puede afectar negativamente la autopercepción en relación con el entorno e inducir una mayor sensación de libertad, a raíz de lo cual se pueda reducir la sensación de responsabilidad por las acciones que se cometan contra otros usuarios.

3. ¿Puede usarse la inteligencia artificial en educación superior?

La IA implica el desarrollo y uso de sistemas informáticos capaces de realizar tareas tradicionalmente asignadas a la inteligencia humana, como la percepción visual, la redacción de textos específicos en respuesta a preguntas concretas, la toma de decisiones, la selección de bibliografía específica sobre un tema, etc. Posiblemente, el sistema de IA más famoso al escribir este libro, aunque no el único, sea el ChatGPT. Se presentó en noviembre de 2022 y enseguida llamó la atención por su facilidad de uso y, sobre todo, por las respuestas tan detalladas que daba. Respuestas detalladas, pero no siempre correctas, dado que a menudo contienen errores que han de ser detectados por la

«inteligencia humana», usada de forma crítica y analítica. El formato de diálogo en el que se presenta permite que responda a preguntas de seguimiento, que admita errores y que desafíe premisas incorrectas. Y también que rechace solicitudes inadecuadas.

Su uso se ha extendido rápidamente, por ejemplo, como sistema para buscar información en las vastas inmensidades de la red. Una información que el sistema prioriza, ordena y redacta en función del uso que han hecho de ella otros usuarios, tanto del mismo sistema de IA como de la red en sí misma, lo cual hace que no esté exenta de sesgos. Por ejemplo, diversos estudios han detectado sesgos étnicos y de género, que se basan en el tipo de información disponible en la red y en la utilización que hacemos de ella los usuarios. No pretendo aquí explicar el uso de la IA, sino esbozar una simple reflexión sobre sus posibles aplicaciones en la docencia universitaria, donde es percibida al mismo tiempo como enemiga y como aliada de los procesos de transmisión y consolidación del conocimiento.

Como «enemiga», se suele citar el hecho de que permite escribir textos creíbles y originales, lo que dificulta la atribución de autoría. Esto ha comportado propuestas de prohibición y, para contrarrestarlo, han aparecido sistemas que permiten detectar textos que hayan sido generados por una máquina. Aun así, estos detectores lo único que hacen es decir que el texto que se analiza podría haber estado generado por una máquina, pero bien podría ser que hubiese sido generado por una mente humana, con la misma corrección o con las mismas incorrecciones, según cómo se mire.

Como «aliada», la IA tiene también muchas posibilidades. Por ejemplo, generar la trama de un ensayo y después elaborar el ensayo a mano, para compararlo analítica y críticamente y, al hacerlo, extraer conclusiones que permitan incrementar el aprendizaje. También posibilita generar ideas para una lección, que después los estudiantes deben integrar en un contexto más amplio, relacionarlo con otros conocimientos y saberes y buscar ejemplos y aplicaciones; adaptar contenidos a diferentes niveles para que después el estudiante deba incrementar el nivel usando sus conocimientos y buscando nuevas informaciones, esto es, aportando saberes más específicos y avanzados;

generar preguntas para debates de índole no solo académica, técnica o científica, sino también ética y moral; como herramienta para alimentar el espíritu crítico, pidiendo a los estudiantes que verifiquen y contrasten lo generado de forma argumentada; o como instrumento para fomentar el trabajo en equipo y la integración de conocimientos y saberes, pidiendo, por ejemplo, que cada estudiante solicite algo concreto al sistema de IA para que después deba integrarlo y comentarlo de forma colaborativa a fin de generar un producto de conocimiento nuevo unificado y con sentido crítico.

4. Conclusiones

En cualquier caso, tanto el uso de la RE como el de la IA deberían ceñirse al axioma: «Pedagogía primero, tecnología después». No se trata de incorporar la tecnología por el bien de la tecnología o por su simple espectacularidad. Es indispensable centrarse primero en la cuestión pedagógica que se quiere abordar y, a partir de ahí, valorar si existe alguna herramienta tecnológica que pueda ayudar a alcanzar los objetivos de aprendizaje, y dónde, cuándo y cómo podemos sacarle el mejor provecho. Pueden ayudar las siguientes preguntas:

1. ¿Cuál es el problema?
2. ¿Cómo podemos resolver este problema?
3. ¿Cómo puede ayudar la tecnología?

5. Bibliografía

- Atencio-González, R. E., Bonilla-Ron, D. E., Miles-Flores, M. V. y López-Zavala, S. Á. (2023). Chat GPT como Recurso para el Aprendizaje del Pensamiento Crítico en Estudiantes Universitarios. *CIENCIA-MATRIA*, 9(17), 36-44.
- Chen, L., Chen, P. y Lin, Z. (2020). Artificial intelligence in education: A review. *Ieee Access*, 8, 75264-75278.

- Holmes, W., Bialik, M. y Fadel, C. (2023). *Artificial intelligence in education*. Globethics Publications.
- Ingram, K. M., Espelage, D.L., Merrin, G.J., Valido, A., Heinhorst, J. y Joyce, M. (2019). Evaluation of a virtual reality enhanced bullying prevention curriculum pilot trial. *J. Adolesc.*, 71, 72-83.
- Kim, S. (2020). Metaverse: digital world, world of emerging items. *Hwaseong: PlanB Design*, 376.
- Kye, B., Han, N., Kim, E., Park, Y. y Jo, S. (2021). Educational applications of metaverse: possibilities and limitations. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions*, 18.
- Maiche, A., González-Perilli, F., Cervantes Constantino, F., Arrieta, A., Gómez, L., Vasques, A. y Carboni, A. (2022). Cómo percibimos el mundo. En: D. Redolar-Ripoll (ed.). *Neurociencia Cognitiva*. Ed. Panamericana.
- Makransky, G. y Mayer, R. E. (2022). Benefits of Taking a Virtual Field Trip in Immersive Virtual Reality: Evidence for the Immersion Principle in Multimedia Learning. *Educational Psychology Review*, 34(3), 1771-1798.
- Martínez Cenalmor, A. (2023). *Impacto de Chat GPT en el entorno educativo: posibilidades y riesgos* [trabajo de fin de máster universitario en Estudios de la Ciencia, la Tecnología y la Innovación, Universidad de Oviedo, Universidad de Salamanca y Universitat Politècnica de València].
- Olite, F. M. D., Suárez, I. D. R. M. y Ledo, M. J. V. (2023). Chat GPT: origen, evolución, retos e impactos en la educación. *Educación Médica Superior*, 37(2).
- Ouyang, F. y Jiao, P. (2021). Artificial intelligence in education: The three paradigms. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 2, 100020.
- Roll, I. y Wylie, R. (2016). Evolution and revolution in artificial intelligence in education. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 26, 582-599.
- Vita-More, N. (2010). Epoch of plasticity: The metaverse as a vehicle for cognitive enhancement. *Metaverse Creativity*, 1(1), 69-80.

13. Una universidad en movimiento

— Marc Guillem Molins

Departamento de Didácticas Aplicadas, Facultad de Educación, Universitat de Barcelona

La etapa universitaria se caracteriza por la gran cantidad de vivencias que suponen retos, experiencias y aprendizajes de alta incidencia en el desarrollo y optimización de las propias capacidades y habilidades cognitivas. Durante esta fase vital tan relevante para el presente y futuro de cualquier persona, estamos expuestos a numerosos desafíos cognitivos que posibilitan la mejora del rendimiento de nuestro cerebro. Los resultados de estos avances vienen determinados por las características de las actividades que se llevan a cabo, ya sean de tipo social, cultural, cognitivo, emocional, etc.

Poner el foco en los aprendizajes académicos como la única tarea que promueve el desarrollo cognitivo durante la etapa universitaria es hacer un análisis sesgado muy alejado de la realidad. Estamos ante un periodo motivado por multitud de experiencias sociales, emocionales y motrices que resultarán ser decisivas para gozar de una vida adulta en su plenitud y también de una vejez saludable. Porque todas y cada una de ellas muestran incidencia en un sinnúmero de cambios a nivel cognitivo. Incluso aquellas que definimos como de «carácter lúdico», por su accesibilidad y diversidad de opciones, que encontramos durante estos años y por la importancia que adquieren en su día a día. Aunque no las relacionamos de forma directa con este efecto, hoy en día sabemos que pueden ser fundamentales para el desarrollo del cerebro.

En este contexto, la actividad física toma una gran importancia. Y, tal y como se describirá a continuación, su relevancia no es solo

en pro del desarrollo cognitivo, sino también en la optimización del rendimiento de multitud de procesos cognitivos superiores.

La incidencia que observamos en la práctica de actividad física va más allá de satisfacer necesidades fisiológicas, proporcionar recompensas físicas y psicológicas (por ejemplo, la mejora de la autoestima) o constituir un contexto de relaciones sociales y emocionales; factores que de por sí ya justifican la práctica de experiencias motrices individuales y colectivas. Aunque existen numerosos proyectos de investigación y divulgación en los que se ha descrito los efectos de la actividad sobre la salud, como los desarrollados en 2021 por la OMS, no son tan conocidos sus efectos sobre numerosos cambios funcionales y estructurales en el cerebro. La actividad física resulta ser responsable de la mejora de la eficiencia y la eficacia del funcionamiento de nuestro cerebro.

A pesar de que en la práctica de actividad física *per se* podemos observar multitud de efectos, el tipo de actividad y su intensidad pueden implicar que estos sean diferenciados. Es decir, las propiedades de esta práctica resultar ser un determinante del tipo y magnitud de su incidencia sobre la cognición. En consecuencia, las alteraciones que observamos son diferenciadas según si se trata de: *a*) un movimiento esporádico que incrementa la demanda energética de nuestro cuerpo, lo que llamamos *actividad física*; *b*) un tipo de práctica regular de actividad física que conlleva alteraciones en la condición física del practicante, lo que denominamos *ejercicio*; o *c*) un ejercicio dentro de un contexto de práctica organizada, reglada y competitiva, lo que definimos como *deporte*. En cada una de estas situaciones, las características de la actividad proporcionarán unos requerimientos y unos beneficios cognitivos distintos.

Pero el tipo de actividad no solo puede diferenciarse sobre la base de sus características cuantitativas. También podemos determinar si el ejercicio o deporte que realizamos conlleva exigencias cognitivas implícitas en su resolución. Nos referimos a sus características cualitativas.

1. Cómo la actividad física provoca cambios en nuestro cerebro

Actualmente sabemos que la actividad física es responsable de multitud de cambios estructurales y funcionales en nuestro cerebro, de los cuales vamos a describir los más relevantes a continuación. Antes, es preciso destacar que estas alteraciones pueden ser observadas durante su realización, pero, sobre todo, que sus efectos perduran más allá de que la práctica haya finalizado.

Hace poco más de una década, el investigador Boström y sus colaboradores (2012) describieron cómo la activación motriz de nuestro cuerpo posibilita la segregación de una hormona llamada irisina. Sucede en las fibras musculares que se movilizan. La producción de irisina gana relevancia ante el descubrimiento de cómo esta incide de manera crítica en la expresión del BDNF, proteína que, a su vez, juega un papel clave en la neurogénesis, esto es, la generación de nuevas neuronas en el hipocampo, y la consecuente plasticidad neuronal.

Este dato nos proporciona una primera aproximación para entender por qué se producen multitud de efectos que se desencadenan gracias a la práctica de actividad física. Nuestro cerebro necesita que el cuerpo se mueva. Hoy en día disponemos de numerosas evidencias al respecto que nos demuestran cómo la actividad física juega un rol relevante en el desarrollo y la optimización de nuestro cerebro. Por este motivo, la literatura científica nos describe el papel que ejerce el movimiento como el mediador y moderador de su propio efecto sobre el cerebro.

De igual importancia para el cerebro es la relevancia de la práctica de ejercicio regular en la vascularización del cerebro, facilitando la llegada del flujo sanguíneo y el oxígeno mediante la angiogénesis, al irse creando nuevos capilares.

Más allá de la neurogénesis, la actividad física también participa en el proceso de creación y mejora de la conectividad entre neuronas, es decir, la sinaptogénesis. Gran parte de la responsabilidad en este proceso recae en el incremento de la producción de neurotransmisores durante la ejecución motriz. Posteriormente veremos su importancia ante la resolución de retos cognitivos, la preparación ante

situación de alta exigencia atencional y para facilitar la memorización en fases de adquisición y recuperación.

Derivado de los procesos descritos, la actividad física también facilita el aumento de la conectividad entre zonas distales del cerebro, a nivel cortical y subcortical, junto con las alteraciones observadas en regiones específicas como el hipocampo, el tálamo, los ganglios basales y el cerebelo, todas ellas involucradas en el procesamiento cognitivo y de la conducta. Todos estos cambios ayudan a comprender cómo la actividad física es un factor determinante para la plasticidad del cerebro.



Figura 1. Cambios estructurales y funcionales producidos en el cerebro por la actividad física. Fuente: Guillem (2002), basado en la revisión sistemática de Pulido *et al.* (2020).

2. Relevancia en una etapa clave en el desarrollo cognitivo

Teniendo en cuenta las evidencias más relevantes descritas en el apartado anterior sobre el papel de la actividad física en el desarrollo y optimización del funcionamiento del cerebro, hay que preguntarse por qué son tan importantes estos efectos durante esta etapa.

En primer lugar, la incidencia de estos efectos es mayor en contextos de alta exigencia cognitiva, como son algunos de los que vivenciamos durante la etapa universitaria. Nos referimos a la coincidencia de este periodo vital con experiencias altamente estimulantes a todos los niveles (motor, emocional, social, cognitivo) y la predisposición a una alta sensibilidad ante los estímulos que nos ofrecen estos contextos.

Esto resulta ser más más significativo aún si tenemos presente que, en la mayoría de los casos, la etapa universitaria coincide temporalmente con el final de una época muy importante en la evolución del cerebro: la adolescencia. Estamos ante las últimas fases de un periodo caracterizado por la maduración de regiones responsables de la modulación de procesos cognitivos superiores (córtex prefrontal), la gestión emocional (amígdala) o el sistema de recompensa (la construcción de una alta conectividad entre regiones más alejadas del córtex y su consecuente generación de sinapsis y proceso de mielinización).

Desde la infancia, la práctica motriz nos proporciona un medio estimulante para el cerebro. Se ha descrito su relevancia en el desarrollo del cerebro junto hábitos saludables, como son la alimentación y el descanso. En la actividad física hallamos un contexto que nos ofrece multitud de oportunidades para la mejora de los procesos de aprendizaje, para potenciar el desarrollo de habilidades cognitivas superiores y para incidir positivamente en el rendimiento en tareas específicas, incluyendo los que conllevan mejoras en los resultados académicos.

Esto significa que la actividad motriz realizada previamente, durante la infancia y la adolescencia, tiene un impacto significativo en la optimización del rendimiento cognitivo y su conservación. Así, diversos estudios han demostrado cómo las experiencias previas motrices durante el desarrollo pueden ser predictoras del rendimiento cognitivo futuro, e incluso de la capacidad creativa. Y, muy relevante,

estas mejoras tienen transferencia más allá de las tareas específicas en las que fueron adquiridas.

3. Oportunidades que nos ofrece la actividad física para la mejora de nuestro cerebro

Todos los efectos expuestos anteriormente, tal y como se ha avanzado en el primer apartado, están condicionados por las características de la propia actividad física, motivo por el cual en la actualidad se están realizando muchos estudios científicos experimentales que nos están ayudando a identificar cuáles son las características de las tareas motrices que determinan el tipo de incidencia en la optimización del cerebro. A continuación, se describirán algunas de estas características mediante la presentación de aquellas oportunidades que tienen a su disposición los estudiantes universitarios en su día a día.

3.1. Capacitarnos para tareas con alta exigencia cognitiva

Ya desde la antigüedad es conocido el papel del movimiento como facilitador del pensamiento o de procesos mentales de alta producción cognitiva. Prueba de ello son las caminatas propias de la escuela peripatética fundada por Aristóteles, en la que se realizan las sesiones de reflexión, debate y aprendizaje mientras se camina. Actualmente conocemos qué mecanismos se desencadenan tras una caminata y que justifican dicha relación. Una actividad física moderada, como puede ser desplazarnos andando a la facultad previa a llevar a cabo procesos cognitivos superiores, nos sirve de preparación.

También una actividad motriz de más intensidad facilita la segregación de neurotransmisores que serán requeridos para la adquisición de conocimientos. Esta es la relevancia de propuestas motrices cortas pero intensas realizadas entre tareas de alta exigencia cognitiva. Actualmente se está trabajando con experiencias de pausas activas (*active breaks*) en las sesiones de clases universitarias para incrementar el foco atencional y prepararse para momentos de alta exigencia cognitiva.

3.2. Prepararnos para tareas con alta demanda atencional

Precisamente estas pausas activas son uno de los medios para la mejora de la salud cognitiva, pero, sobre todo, para prepararse ante situaciones muy exigentes a nivel atencional y de aprendizaje.

Si tenemos en cuenta las características cualitativas de la tarea, tal y como se ha descrito previamente, el tipo de actividad física que realizamos puede resultar un contexto que en su resolución incentive implícitamente la participación de multitud de procesos cognitivos superiores. Nos referimos a que su consecución exija la realización de tareas cognitivas de alta exigencia, como pueden ser la planificación, la abstracción, la monitorización de objetivos para su resolución, la memorización, la selección los estímulos relevantes y obviar distractores, etc.; en consecuencia, estamos hablando de la participación de las funciones ejecutivas durante la ejecución motriz como elemento necesario para su resolución.

Este es el motivo por el cual realizar una tarea coordinativa (como malabares) nos puede preparar para llevar a cabo tareas de alta exigencia atencional. Pero también lo puede ser practicar un deporte colectivo como el baloncesto, activarse con juegos o actividades que impliquen una alta interacción con objetos, compañeros o estímulos.

3.3. Potenciar los procesos de aprendizaje

La adquisición de nuevos aprendizajes implica la conectividad entre diferentes regiones del cerebro. En este proceso, la actividad física tiene un papel relevante, pues es un facilitador de la plasticidad cerebral. Este efecto se ha observado tanto cuando la actividad física moderada se ha realizado antes de la tarea cognitiva como cuando ha tenido lugar en su transcurso.

Cuando la actividad física es previa al proceso de aprendizaje, puede resultar ser un potenciador de la adquisición, retención y recuperación de información, incidiendo en las diferentes fases de la memorización. Por otra parte, cuando la práctica de actividad física

se ejecuta de forma simultánea a la tarea cognitiva, resulta ser un facilitador para la adquisición y retención de información.

En 2023, Evan Gordon y su equipo publicaron una investigación de altísima relevancia, en la que se describe por primera vez la conectividad existente entre regiones responsables del control del movimiento y de la percepción sensorial, pero también con regiones responsables de procesos cognitivos no relacionados con el control motor.

3.4. Aprender en movimiento

Potenciar los procesos de memorización, reforzarlos gracias a ejercicios que estimulen diferentes regiones del cerebro, prepararnos para tareas de alta demanda atencional mediante actividades coordinativas o facilitar procesos cognitivos superiores estimulando las funciones ejecutivas han justificado incluir la experiencia motriz en los aprendizajes. De ahí que haya multitud de prácticas docentes que incluyan el aprendizaje físicamente activo en sus prácticas.

4. Conclusiones

La actividad física es imprescindible para tener una vida saludable, imprescindible para nuestro cerebro. Gracias a ella, facilitamos la optimización de las funciones cognitivas superiores que nos permiten razonar, aprender, controlar nuestros pensamientos, etc. Durante la etapa universitaria, los efectos del ejercicio tienen una mayor relevancia, al tratarse de un periodo de desarrollo del cerebro, y por las características de las actividades que se pueden llevar a cabo. Estas resultan ser especialmente estimulantes. Pero también podemos aprovechar todas aquellas oportunidades que pueden transformar la vida universitaria en un contexto para un cerebro más eficiente, eficaz y sano para toda la vida.

5. Bibliografía

- Bacon, P. y Lord, R. N. (2021). The impact of physically active learning during the school day on children's physical activity levels, time on task and learning behaviours and academic outcomes. *Health Education Research*, 36(3). <https://doi.org/10.1093/her/cyab020>
- Blakemore, S. J. (2012). Imaging brain development: The adolescent brain. *NeuroImage*, 61 (2). <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2011.11.080>
- Boström, P., Wu, J., Jedrychowski, M. P., Korde, A., Ye, L., Lo, J. C., Rasbach, K. A., Boström, E. A., Choi, J. H., Long, J. Z., Kajimura, S., Zingaretti, M. C., Vind, B. F., Tu, H., Cinti, S., Højlund, K., Gygi, S. P. y Spiegelman, B. M. (2012). A PGC1- α -dependent myokine that drives brown-fat-like development of white fat and thermogenesis. *Nature*, 481(7382). <https://doi.org/10.1038/nature10777>
- Casey, B. J., Jones, R. M. y Hare, T. A. (2008). The adolescent brain. En: *Annals of the New York Academy of Sciences* (vol. 1124). <https://doi.org/10.1196/annals.1440.010>
- Donnelly, J. E., Hillman, C. H., Castelli, D., Etnier, J. L., Lee, S., Tomporowski, P. D., Lambourne, K. y Szabo-Reed, A. N. (2016). Physical Activity, Fitness, Cognitive Function, and Academic Achievement in Children: A Systematic Review. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 48(6), 1197-1222. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000901>
- Gordon, E. M., Chauvin, R. J., Van, A. N., Rajesh, A., Nielsen, A., Newbold, D. J., Lynch, C. J., Seider, N. A., Krimmel, S. R., Scheidter, K. M., Monk, J., Miller, R. L., Metoki, A., Montez, D. F., Zheng, A., Elbau, I., Madison, T., Nishino, T., Myers, M. J., Dosenbach, N. U. F. et al. (2023). A somato-cognitive action network alternates with effector regions in motor cortex. *Nature*, 617(7960). <https://doi.org/10.1038/s41586-023-05964-2>
- Guillem, M. (2022). *Correlació entre rendiment executiu i expertesa motriu al final de la infància. Anàlisi del procés de formació de les seleccions catalanes de minibàsquet*. Universitat de Barcelona.

- Hillman, C. H., Erickson, K. I. y Kramer, A. F. (2008). Be smart, exercise your heart: exercise effects on brain and cognition. *Nature Reviews Neuroscience*, 9(1), 58-65. <https://doi.org/10.1038/nrn2298>
- Koziol, L. y Lutz, J. (2013). From Movement to Thought: The Development of Executive Function. *Applied Neuropsychology: Child*, 2(2), 104-115. <https://doi.org/10.1080/21622965.2013.748386>
- Lynch, J., O'donoghue, G. y Peiris, C. L. (2022). Classroom Movement Breaks and Physically Active Learning Are Feasible, Reduce Sedentary Behaviour and Fatigue, and May Increase Focus in University Students: A Systematic Review and Meta-Analysis. In *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(13). <https://doi.org/10.3390/ijerph19137775>
- Oppezzo, M. y Schwartz, D. L. (2014). Give your ideas some legs: The positive effect of walking on creative thinking. *Journal of Experimental Psychology: Learning Memory and Cognition*, 40(4). <https://doi.org/10.1037/a0036577>
- Parker, S. (2018). Get Up! Five Ways To Energize a Classroom With Physically Active Learning. *College Teaching*, 66(1). <https://doi.org/10.1080/087567555.2016.1232694>
- Paulus, M., Kunkel, J., Schmidt, S. C. E., Bachert, P., Wäsche, H., Neumann, R. y Woll, A. (2021). Standing breaks in lectures improve university students' self-perceived physical, mental and cognitive condition. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(8). <https://doi.org/10.3390/ijerph18084204>
- Pulido, R. O. y Ramírez Ortega, M. L. (2020). Actividad física, cognición y rendimiento escolar: una breve revisión desde las neurociencias (Physical Activity, cognition, and academic performance: a brief review from the neurosciences). *Retos*, 2041(38), 868-878. <https://doi.org/10.47197/retos.v38i38.72378>
- Verburgh, L., Königs, M., Scherder, E. J. A. y Oosterlaan, J. (2014). Physical exercise and executive functions in preadolescent children, adolescents and young adults: A meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 48(12). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2012-091441>

14. El estrés en contextos educativos

— **Fabrizio Ballarini**

Director del Departamento de Ciencias de la Vida del ITBA y director del Laboratorio de Neurociencia Traslacional IBCN Facultad de Medicina, Universidad de Buenos Aires

Agradezco profundamente a mis colegas Alejo Barbuzza y Pedro Benedetti su colaboración como coautores en la redacción de este capítulo.

Existe una concepción generalizada del estrés como un estado negativo, la cual está basada en evidencias que lo relacionan con las consecuencias que tiene en nuestra salud tanto fisiológica como mental. Sin embargo, el estrés posee una faceta no tan conocida, pero bien estudiada en las últimas décadas, la cual está vinculada con el impacto que posee sobre la cognición. En particular, en este tema existe un efecto ambivalente. Es decir, el estrés puede brindar tanto efectos positivos como negativos sobre la cognición, específicamente durante el aprendizaje y la memoria, aspectos fundamentales desde la perspectiva educativa.

No obstante, antes de desarrollar los efectos duales del estrés sobre el aprendizaje y la memoria, conviene responder la pregunta: ¿qué es el estrés?

1. ¿Qué es el estrés?

A nivel biológico, se puede definir el *estrés* como cualquier tipo de situación o evento de nuestra vida que genere una respuesta corporal adaptativa para preservar el bienestar (homeostasis) de un organismo.

Dicha respuesta comienza en el cerebro e involucra la acción de diferentes sistemas. El objetivo de este sistema es responder frente a los estresores que atentan contra la homeostasis e intentar restablecer los valores previos al estresor. Cuando este eje es activado, se desencadenan una serie de reacciones endocrinas, las cuales comienzan con la detección de dicho evento estresor.

En cuestión de segundos se secretan una serie de moléculas conocidas como catecolaminas, una de ellas bastante conocida, la noradrenalina. Estos mensajeros químicos intervienen en la respuesta que generalmente se conoce como de «huida o pelea». De esta manera, puede afectar varias regiones cerebrales críticas para el aprendizaje y la memoria, tales como el hipocampo, la amígdala y la corteza prefrontal.

Por su lado, el eje hipotalámico-hipofisario-suprarrenal es más lento en su respuesta. Cuando es activado por un estímulo estresante, libera desde el hipotálamo la hormona liberadora de corticotropina (CRH, por sus siglas en inglés), la cual impacta en la hipófisis, estimulando la secreción de adrenocorticotropina (ACTH), que, a su vez, tiene efecto sobre la glándula suprarrenal, causando en ella la liberación del cortisol, que se trasladará por el torrente sanguíneo generando diferentes efectos fisiológicos sobre la cognición y el comportamiento. Entender las diferentes dinámicas del cortisol resulta clave para comprender los diferentes efectos (algunos incluso antagonicos) que puede provocar sobre el aprendizaje y la memoria. Tras unos 20-30 minutos de estar activada la liberación del cortisol, este se concentra y llega a un máximo, lo cual permite su entrada al cerebro. Allí activa dos tipos de receptores: los receptores de glucocorticoides, presentes en todo el cerebro y los receptores de mineralocorticoides, ubicados en las estructuras cerebrales que procesan la memoria y las emociones. A su vez, el efecto del cortisol sobre estos receptores, en especial los primeros, puede ser rápida o lenta. Se ha estudiado que el mecanismo rápido, no dependiente de la expresión génica, podría mejorar la formación de la memoria, mientras que el mecanismo lento, dependiente de la expresión génica, se encargaría de la reversión de los efectos del estrés agudo, restableciendo la homeostasis.

El estrés, entonces, puede no solo generar un impacto en nuestra salud fisiológica (desde cuadros cardiovasculares hasta digestivos, entre otros), sino también en nuestra salud mental (ansiedad, depresión, estrés postraumático, entre otros). Si bien, como se ha mencionado, suele asociarse el estrés a situaciones disruptivas e inesperadas para nuestra interpretación (por ejemplo, alguna catástrofe o encuentro con un animal salvaje), también forma parte de nuestra cotidianidad. En esta línea, y como se ha mencionado anteriormente, los estudiantes universitarios conviven con diversas experiencias que pueden resultar estresantes: exámenes, presentaciones orales, socialización, trabajos finales, entre muchos otros. Por último, cabe destacar que los eventos potencialmente estresantes no por fuerza conducen a una respuesta de estrés, sino que la evaluación individual de la situación y las estrategias de afrontamiento disponibles determinan si una situación resulta en la activación de los sistemas de estrés o no. A continuación, se expondrán los efectos del estrés en el aprendizaje y la memoria, núcleo sumamente importante para cualquier proyecto educativo.

2. Estrés y aprendizaje

El aprendizaje y la memoria constituyen el medio principal de adaptación de los seres vivos, debido a las modificaciones de su medioambiente. El *aprendizaje* se puede definir como los cambios en el sistema nervioso producidos por la experiencia. Estos pueden ser duraderos y se manifiestan en el comportamiento. La *memoria* es un proceso de múltiples etapas en el cual la información del ambiente es codificada, almacenada y consolidada en circuitos neuronales y posteriormente evocada. Más en detalle, una vez se adquiere un aprendizaje, se produce la consolidación, un proceso por el cual la memoria se encuentra en un estado de labilidad, sensible a disrupción, el cual resulta de vital importancia, ya que durante este periodo tienen lugar diversos procesos que modulan la fuerza de la memoria. Finalizada la consolidación, la información codificada por un aprendizaje escolar o de

cualquier índole puede recuperarse mediante la evocación. Esta fase puede comprenderse como el acceso, selección y reactivación de las representaciones internas almacenadas. La evocación no es una simple lectura pasiva de la información, sino que es una experiencia de por sí, la cual puede modificar el contenido, dando lugar a la reconsolidación, que implica una nueva etapa de consolidación y, por lo tanto, de labilidad de la memoria, debido a una evocación explícita de esta. De esta manera, *aprendizaje* y *memoria* son dos conceptos muy relacionados: la formación de una memoria y su retención en el tiempo requieren de una experiencia de aprendizaje en la cual se adquiere la información.

Una vez definidos los términos de *aprendizaje* y *memoria*, se presentará parte de la evidencia encontrada acerca del efecto del estrés sobre estos procesos cognitivos. En particular, se detallarán los diversos comportamientos que surgen en dicha relación. Se ha de resaltar que los efectos del estrés en la memoria difieren en función del momento del aprendizaje en que se produce el agente estresor. Es decir, el impacto no es el mismo entre aprender bajo estrés o experimentar estrés después de haber adquirido cierto conocimiento. Por consiguiente, resulta vital considerar el intervalo de tiempo entre el agente estresor y la fase de la memoria en estudio, dado que los resultados varían en cuanto a codificación, consolidación y evocación.

En términos de codificación de la memoria, la evidencia reciente nos indica que el estrés puede generar un fuerte impacto. Esto se pone de manifiesto en el caso del estrés postraumático, el cual es generado por eventos altamente estresantes y emocionales que en un individuo pueden quedar almacenados en la memoria con tal intensidad y de manera tan vívida que afecten su calidad de vida. En cambio, bajo un estrés leve, similar al que se puede experimentar en un entorno educativo, el estímulo puede potenciar la memoria cuando ocurre justo antes o después del proceso de aprendizaje. Este efecto de un estrés leve sobre la codificación, durante o inmediatamente antes del aprendizaje, fue más robusto para la memoria en aspectos relacionados con el evento estresante que con aspectos neutros, es decir, no relacionados con dicho evento.

Una pregunta relevante ante lo anteriormente presentado podría ser: ¿qué sucede cuando el estrés se separa del aprendizaje durante un intervalo de tiempo? La observación indica que, si el agente estresor actúa, por ejemplo, 30 minutos antes del aprendizaje, el efecto promotor desaparece y se produce el efecto opuesto, debilitando la memoria.

Cuando se experimenta estrés antes o durante un episodio de aprendizaje, sus efectos en la codificación de la memoria difícilmente pueden ser disociados de aquellos en la consolidación de la memoria, especialmente en un contexto educativo. Sin embargo, estudios realizados en el laboratorio, en los cuales se puede administrar estrés o mediadores del estrés poco después del aprendizaje, demostraron que el estrés inmediatamente posterior al aprendizaje fortalece la consolidación de la memoria, en especial en sus aspectos emocionales.

Hasta ahora se han expuesto los efectos sobre las fases de almacenamiento de la memoria (codificación y consolidación). Pero el estrés también puede modular la etapa de recuperación de la memoria, es decir, la evocación. Una situación muy común en el ámbito universitario podría ser el estrés preexamen, por ejemplo, un examen final oral. Diversos estudios en humanos demuestran que el estrés inmediatamente previo a la evocación resulta perjudicial para la evocación de la memoria. En particular, este hallazgo no solo se limitó a adultos, sino que también se observó en niños de entre 8 y 10 años, lo cual resulta relevante en los ambientes educativos.

Finalmente, el estrés también puede impactar sobre el proceso de reconsolidación. Esta etapa actúa como un mecanismo actualizador para integrar nueva información en una memoria ya formada y consolidada. Esto resulta clave en un contexto educativo, ya que los estudiantes constantemente se actualizan e integran nuevo conocimiento a los ya almacenados en la memoria. El hipocampo y la corteza prefrontal, como se ha mencionado, son estructuras cerebrales implicadas en este proceso y sujetas a la modulación por el estrés. Varios estudios realizados en humanos apoyan la hipótesis de que el estrés puede afectar a este proceso, pero no resulta todavía del todo claro si este efecto beneficia o perjudica.

3. Estrés universitario

Si bien el estrés es transversal a todo el rango de edades, es decir, que nos acompañará el resto de nuestras vidas, las causas que lo ocasionan pueden ser particulares, dependiendo del rango etario que se esté analizando. A continuación, se desarrollará particularmente la relación del estrés con los estudiantes universitarios. Durante esta etapa, los estudiantes pueden atravesar nuevas etapas como, por ejemplo: el abandono de la casa de sus familias, ser más independientes, la aparición de nuevas responsabilidades y enfrentarse a nuevas demandas académicas. Estas razones, entre otras, pueden sobrepasar las habilidades de afrontamiento y generar una sensación abrumadora. Si esta situación de estrés se prolonga en el tiempo, puede asociarse a un peor rendimiento académico e, incluso, al abandono universitario. Este tipo de investigaciones trata de asociar el estrés autorreportado a través de diferentes evaluaciones revisadas y validadas con múltiples variables como el rendimiento académico, la calidad de sueño, la somnolencia diurna, la ansiedad generalizada, la depresión, el bruxismo y hasta aumento de peso, entre muchos otros. Seguidamente, se evaluarán algunas de las relaciones e intervenciones que se han realizado para disminuir el estrés percibido por estudiantes y cómo estas medidas pueden aplicarse en el día a día universitario.

La primera relación que comentar será la del estrés con el rendimiento académico. Existe evidencia que muestra que, a mayor estrés autopercebido, peor es el rendimiento académico del estudiante. Por ejemplo, Leppink, en 2016, encuestó a más de dos mil estudiantes de una universidad en los Estados Unidos y observó que aquellos estudiantes que reportaron un mayor estrés autopercebido también fueron los que obtuvieron peor rendimiento académico. Además, no solo encontró asociación entre estas dos variables, sino también con peor salud, menos actividad física y mayores niveles de depresión. Otros estudios también reportan que, a mayores niveles de estrés, mas encuentran los estudiantes universitarios disminuida la calidad de sueño, la cual, a su vez, también se asocia a un uso excesivo de *smartphones*, factores que también perjudican el rendimiento académico.

Teniendo en cuenta la asociación del estrés con todas las variables mencionadas, cabe preguntarse: ¿qué podemos hacer para disminuirlo? En este sentido, se han estudiado diferentes tipos de intervenciones para mitigar el efecto nocivo. Por ejemplo, en una investigación realizada con estudiantes de enfermería españoles, se observó que el rendimiento académico fue mejor en los estudiantes que formaron parte de un grupo experimental en el cual recibieron una intervención de relajación muscular y musicoterapia, previa a un examen final de mucha importancia. En concreto, se evidenció que las intervenciones realizadas una hora antes del examen generaron una disminución del ritmo cardíaco, de la presión sanguínea y de los niveles de cortisol en sangre, en comparación con otro grupo control, que no recibió ningún tipo de intervención. Esta disminución de dichos parámetros fisiológicos se tradujo en un mejor rendimiento en el examen, en el cual dicho grupo experimental obtuvo mejores notas que el grupo control. Por último, también fue menor el número de desaprobados en dicho grupo.

Otra de las estrategias de mitigación del estrés en estudiantes universitarios podría ser la actividad física. Se ha demostrado que el sedentarismo en estudiantes universitarios de Corea del Sur está directamente relacionado con mayores índices de estrés, ansiedad y depresión. Esta población, particularmente, pasa el doble de tiempo sentada que los estudiantes de Estados Unidos y el promedio de tiempo que pasa sentada es mayor que el de 20 países. En este sentido, estrategias de prevención que apunten a un incremento de la actividad física podrían ayudar a aliviar el estrés percibido por los estudiantes. También, por mencionar otro tipo de posibles intervenciones estudiadas, podemos hablar de la terapia de mascotas; en particular, se observó que una sola sesión de este tipo de terapia disminuye significativamente la presión diastólica y sistólica, y también la ansiedad autopercebida. Otras intervenciones se pueden clasificar como de tipo artístico (percusión, poesía, etc.), psicoeducacionales, y en ellas las cuales se da acceso a los estudiantes a información, estrategias e historias relacionadas con el manejo del estrés a través de, por ejemplo, herramientas web y cognitivas-conductuales, en donde lo cognitivo

se refiere a que los individuos puedan identificar y corregir creencias disfuncionales que influyen en su respuesta y posterior estrés, mientras que lo conductual hace referencia a intervenciones que buscan controlar la respuesta física al estrés, como, por ejemplo, técnicas de respiración o relajación muscular.

De esta manera, se ha puesto de manifiesto la íntima relación existente entre el estrés y la cognición, en primer lugar, y, en particular, memoria y aprendizaje, y, en segundo lugar, muchas otras variables relacionadas con el estrés que pueden estar afectando la calidad de vida de los alumnos universitarios. Así, es importante que las instituciones educativas tomen nota de la evidencia que surge de este tipo de investigaciones no solo para poder diseñar políticas de prevención, sino también para que el alumnado posea las herramientas necesarias para sobreponerse a los momentos difíciles y, además, cuente con la mayor cantidad posible de recursos institucionales sobre los cuales apoyarse en esta etapa tan especial.

4. Bibliografía

- Bittman, B. B., Snyder, C., Bruhn, K. T., Liebfreid, F., Stevens, C. K., Westengard, J. y Umbach, P. O. (2004). Recreational music-making: an integrative group intervention for reducing burnout and improving mood states in first year associate degree nursing students: insights and economic impact. *International Journal of Nursing Education Scholarship*, 1, art.12.
- Bos, M. G., Schuijjer, J., Lodestijn, F., Beckers, T. y Kindt, M. (2014). Stress enhances reconsolidation of declarative memory. *Psychoneuroendocrinology*, 46, 102-113.
- Brem, A., Ran, K. y Pascual-Leone, A. (2013). Learning and memory. *Handbook of Clinical Neurology*, 116, 693-737.
- Buchanan, T. W., Tranel, D. y Adolphs, R. (2006). Impaired memory retrieval correlates with individual differences in cortisol response but not autonomic response. *Learning & Memory*, 13(3), 382-387.

- Cahill, L. y Alkire, M. T. (2003). Epinephrine enhancement of human memory consolidation: interaction with arousal at encoding. *Neurobiology of learning and memory*, 79(2), 194-198.
- Cahill, L., Gorski, L. y Le, K. (2003). Enhanced human memory consolidation with post-learning stress: interaction with the degree of arousal at encoding. *Learning & Memory*, 10(4), 270-274.
- Eisenberg, D., Golberstein, E. y Hunt, J. (2009). Mental Health and Academic Success in College. *The B.E. Journal of Economic Analysis & Policy*, 9(1).
- McGaugh, J. L. (2000). Memory--a century of consolidation. *Science*, 287(5451), 248-251.
- Nader, K., Schafe, G. y Le Doux, J. (2000). Fear memories require protein synthesis in the amygdala for reconsolidation after retrieval. *Nature* 406, 722-726.
- Quesada, A. A., Wiemers, U. S., Schoofs, D. y Wolf, O. T. (2012). Psychosocial stress exposure impairs memory retrieval in children. *Psychoneuroendocrinology*, 37(1), 125-136.
- Schwabe, L. y Wolf, O. T. (2010). Stress impairs the reconsolidation of autobiographical memories. *Neurobiology of Learning and Memory*, 94(2), 153-157.
- Schwabe, L., Joëls, M., Roozendaal, B., Wolf, O. T. y Oitzl, M. S. (2012). Stress effects on memory: an update and integration. *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 36(7), 1740-1749.

15. La construcción de la salud mental desde el aula

— Fabián Román

Universidad Maimonides, Buenos Aires (Argentina)

Red Iberoamericana de Neurociencia Cognitiva

Todos, a lo largo de nuestra vida, más temprano o más tarde, viviremos la pérdida de un ser querido, un amor no correspondido, una crisis financiera, una desilusión, una relación disfuncional, una crítica injusta, un trabajo que no nos place. También es verdad que la mayoría de nosotros encontraremos un amigo auténtico, un gran desafío para superar, una tarea que nos apasione, una motivación que nos empuje, un proyecto que nos comprometa, una emoción que nos cure, un amor inolvidable o una relación que nos haga crecer. La diferencia no es lo que nos pasa, sino qué hacemos y cómo reaccionamos a los que nos pasa. Esa reacción a los que nos ocurre está determinada, en gran medida, por nuestra salud mental, una salud que no solo está construida por las características individuales, como nuestra capacidad para gestionar nuestros pensamientos, emociones, comportamientos y relaciones con los demás, sino también por la interacción con nuestro entorno. En este contexto, los docentes también tenemos un rol decisivo sobre los factores protectores, la salud cerebral y la resiliencia de nuestros estudiantes.

1. Introducción

Existe una sólida evidencia científica sobre cómo los factores familiares están asociados con el desarrollo socioemocional o la salud mental durante nuestra infancia. Pero, a pesar de que los niños pasan casi la

mitad del día en la escuela, la evidencia sobre cómo el ámbito escolar contribuye a la construcción de la salud mental es relativamente reciente. Uno de los principios de la neurociencia cognitiva enuncia que *nuestra genética y el entorno interactúan en el cerebro para moldear al individuo*, y las señales ambientales regulan el estado epigenético, el cual promueve la neurogénesis y la sinaptogénesis, dos procesos que regulan el desarrollo neurocognitivo en la infancia. Se debe prestar atención a qué estímulos ambientales estamos expuestos durante toda la vida. El impacto de un estímulo ambiental en nuestro cerebro depende de su frecuencia, intensidad y duración, así como de la oportunidad en la que se produce. Son cuatro factores que combinan sus potencias para que las neuronas consigan aumentar sus conexiones con otras neuronas y hacerlas estables en el tiempo; estamos hablando de la *neuroplasticidad*, que se produce como consecuencia de los estímulos sensoriales, los estímulos cognitivos, el aprendizaje y la experiencia. Estos procesos producen una especialización interactiva de nuestra corteza cerebral y una reorganización de los neurocircuitos cerebrales, formando redes que moldearán nuestra personalidad, nuestro comportamiento y nuestras habilidades, y finalmente serán las que condicionarán nuestra salud mental.

A lo largo de la infancia, la familia y la escuela son los ámbitos principales donde se desarrollan estos procesos. Es cierto que los entornos pueden cambiar, y habitualmente lo hacen, pero, sin duda, cada una de nuestras características individuales se moldea durante el neurodesarrollo en la familia y en la escuela. Para asimilar la complejidad de la construcción de la salud mental y el peso de la escuela en ese proceso, un primer paso pasa por definir qué es la *salud mental*.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (OMS), la *salud mental* se define como:

[...] un estado de bienestar mental que permite a las personas afrontar las tensiones de la vida, desarrollar todo su potencial, aprender y trabajar de forma productiva y fructífera, y contribuir a su comunidad. La salud mental es un componente integral de la salud y el bienestar, y es más que la ausencia de trastorno mental.

Con todo, la construcción de la salud mental es un proceso complejo continuo que comprende no solo estados de bienestar, sino también de debilidad, de vulnerabilidad y de dolor a lo largo de la vida. O sea, que la salud mental no es un concepto estático, muy al contrario, es un proceso continuo y dinámico que fluctuará en respuesta a las situaciones, escenarios y estresores cambiantes a los que todos nos enfrentaremos en el transcurso de nuestras vidas.

En general, la interacción de determinantes individuales, familiares, sociales, comunitarios... puede generar en nosotros factores que nos protegen o factores que nos ponen en riesgo ante la aparición de algún trastorno mental. Según el CIE-11, un *trastorno mental*:

[...] es un síndrome caracterizado por una alteración clínicamente significativa en la cognición, la regulación emocional o el comportamiento de un individuo que refleja una disfunción en los procesos psicológicos, biológicos o de desarrollo que subyacen al funcionamiento mental y comportamental. Estos trastornos generalmente se asocian con malestar psicológico o deficiencia en áreas personales, familiares, sociales, educativas, ocupacionales u otras áreas importantes de funcionamiento.

Con una adecuada salud mental, podremos afrontar las adversidades que la vida nos depare, aprender, tener pensamiento crítico, experimentar sentimientos y vínculos funcionales, y trabajar y contribuir a la construcción de la comunidad. Por el contrario, cuando nuestra salud mental se ve alterada, se pueden ver alterados nuestros pensamientos, emociones, creencias, comportamientos, relaciones e, incluso, nuestra salud física, nuestra educación y nuestro trabajo.

La carga educativa de la enfermedad (EBoD) es un indicador que cuantifica la asociación entre las condiciones de salud y el rendimiento escolar de los adolescentes. En general, la mayoría de las enfermedades (neurológicas, musculoesqueléticas, respiratorias, oculares, etc.) tienen un EBoD muy bajo, entre el 1 y 3 %; pero los trastornos de salud mental tienen la mayor contribución al EBoD con un 44,6 %. La adolescencia es un etapa crítica en el desarrollo de la afectividad, las habilidades sociales y la regulación de la conducta. Además, en

esta etapa varios de los trastornos de salud mental más frecuentes pueden evidenciar los primeros síntomas, por lo cual esta repercusión sobre el rendimiento escolar de un trastorno mental no solo puede limitar el aprendizaje, sino también comprometer seriamente el neurodesarrollo.

Desde los centros educativos, hemos de trabajar en la optimización y el desarrollo de tres aspectos fundamentales a la hora de pensar en intervenciones basadas en evidencia para el fortalecimiento de la salud mental de los adolescentes y jóvenes, además de la de los niños: los factores de protección, la optimización de la salud cerebral y el estímulo del desarrollo de los procesos resilientes.

2. Factores protectores para la salud mental

Los factores protectores para la salud mental son aquellos que promueven el bienestar psicológico y reducen el riesgo de desarrollar trastornos mentales, como depresión, ansiedad y abuso de sustancias. Podemos agrupar los factores protectores en tres tipos: *estructurales, familiares y comunitarios, e individuales*.

Los factores estructurales se refieren al entorno cultural, social y político del individuo. La infraestructura sanitaria de la comunidad donde se vive, las políticas educativas, las políticas de seguridad, la estabilidad económica, la baja conflictividad social y calidad ambiental son factores que moldean las condiciones de la vida cotidiana y pueden condicionar la salud mental de toda la población. Durante la pandemia de covid-19, en algunos países, el aislamiento social, la pérdida de conexión y la incertidumbre sobre el futuro ha impactado directa y fuertemente sobre estos factores estructurales, que, junto con las restricciones impuestas, han acarreado graves consecuencias para la salud mental de muchas personas, especialmente las más vulnerables, con manifestaciones de estrés, ansiedad o depresión.

La familia y la comunidad son nuestro entorno inmediato. La salud mental de los progenitores, así como su comportamiento durante la infancia, tienen una fuerte incidencia en la construcción de

la salud mental. Los antiguos métodos basados en la crianza severa, estricta, debilitan la salud mental en la infancia, lo cual suele conducir a problemas de conducta e, incluso, al trauma temprano. La cohesión familiar, el apoyo emocional y la comunicación eficaz son tres características familiares clave para la construcción de la salud mental. La cohesión familiar es el sentimiento de unidad y conexión entre los miembros de una familia. Las familias cohesionadas acostumbra a ser más estables y proporcionan un mayor apoyo emocional a sus miembros. El apoyo emocional es el sentimiento de ser querido, aceptado y comprendido por los demás. Las personas que reciben apoyo emocional de sus familiares y amigos tienden a tener una mejor salud mental. La comunicación eficaz es la capacidad para expresar los propios pensamientos y sentimientos y para comprender los de los demás. Las familias con una comunicación eficaz suelen ser más hábiles a la hora de resolver conflictos y de brindar apoyo emocional a sus miembros.

Desde un lugar diferente, la comunidad educativa (escolar y de estudios postobligatorios, incluyendo los universitarios) también es importante a la hora de pensar en factores protectores. Gran parte de la transformación de la salud mental en el mundo se relaciona con la comprensión del rol trascendental que en ella tiene el centro educativo o de formación. El clima escolar, que engloba la conexión social, la seguridad, la conexión entre compañeros y el entorno académico, se asocia fuertemente con la salud mental en los adolescentes. En investigaciones recientes, se evaluaron las relaciones positivas (incluyendo respeto, conexión, apoyo, tolerancia, diversidad y la evitación del acoso o la victimización) de los estudiantes con sus pares y sus docentes y se apreció una fuerte asociación con un aumento del bienestar psicosocial, conductas prosociales, así como con tasas más bajas de problemas de salud mental. En un estudio de 2019 sobre la carga mundial de enfermedades, el acoso (*bullying*) fue considerado el principal factor de riesgo de problemas de salud mental.

Los factores individuales son aquellos que están relacionados con nuestros rasgos psicológicos y biológicos que influyen por sus aptitudes naturales para la gestión de emociones, las habilidades aprendidas

y los patrones de respuesta hacia las relaciones interpersonales. La OMS, en su *Informe sobre Salud Mental 2023*, menciona como factores protectores individuales los factores genéticos, las habilidades sociales y emocionales, el sentido de autoestima y de control, y una buena salud y actividad física. La autoestima se refiere a la valoración que se tiene de sí mismo. Las personas con una alta autoestima tienden a sentirse bien consigo mismas y a tener una visión más positiva del mundo, y, además, presentan un menor riesgo de desarrollar depresión. Las habilidades sociales son las capacidades que nos permiten interactuar con los demás de forma eficaz. Las personas con buenas habilidades sociales suelen tener relaciones sociales más positivas y un mayor apoyo social, y presentan un menor riesgo de desarrollar abuso de sustancias.

Finalmente, todos los factores protectores interactúan entre sí, desempeñando cada uno de ellos un papel crucial a la hora de determinar si un individuo corre el riesgo de sufrir problemas de salud mental.

3. Salud cerebral: la nueva meta global

Sabemos que nuestro cerebro interactúa continuamente con nuestro contexto, lo cual lleva a la adaptación de la estructura y el funcionamiento del cerebro a lo largo de la vida. La OMS define la *salud cerebral* como:

[...] el estado del funcionamiento del cerebro en los dominios cognitivo, sensorial, socioemocional, conductual y motor, que permite a una persona desarrollar todo su potencial a lo largo de su vida, con independencia si padece o no algún de los trastornos.

Los determinantes de la salud cerebral de un individuo son la salud física, ambientes saludables, seguridad y protección, aprendizaje, y conexión social y acceso a los servicios de calidad. Existe una interacción multidimensional y compleja entre el cerebro y el resto del cuerpo, y es bidireccional, lo cual implica que muchas afectaciones de

nuestro cuerpo pueden afectar la salud cerebral de muchas maneras a lo largo de la vida.

Un entorno saludable puede tener un impacto significativo en la salud cerebral, en especial durante etapas del desarrollo como la infancia, la adolescencia y el envejecimiento. Un dato estremecedor publicado en la revista *The Lancet* en 2017 sobre mediciones de retraso y pobreza indicaba que 250 millones de niños (43 %) menores de 5 años en países con ingresos bajos y medios corrían el riesgo de no alcanzar su máximo potencial de desarrollo.

Urge actuar de manera coordinada a escala global, con políticas y programas para la primera infancia de calidad, basados en la evidencia, con participación intersectorial. Esto es solo un primer paso para alcanzar los famosos ODS, los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030, para que los niños y niñas, y, en consecuencia los adolescentes y los jóvenes, desarrollen a su máximo potencial su neurocognición, su imaginación, su creatividad y una salud mental que los lleve al bienestar necesario para convertirse en adultos sanos y productivos.

Por otro lado, las intervenciones para optimizar la salud cerebral deben apoyar las oportunidades de acceso tanto al aprendizaje como a las conexiones sociales, sobre todo en la primera infancia, y han de mantenerse durante la adolescencia. El aprendizaje formal tiene su origen en las instituciones educativas, mientras que la estimulación cognitiva en la edad adulta se origina en el ámbito laboral y en nuestras redes sociales en la comunidad. Y, finalmente, el acceso a servicios de calidad es crucial a la hora de gestionar los múltiples factores de riesgo para la salud cerebral, con sistemas sanitarios y de protección social para proporcionar un acceso equitativo al diagnóstico, tratamiento, atención y rehabilitación.

Hemos de ser flexibles y trabajar en todos los escenarios posibles para obtener resultados que aseguren una mejora significativa en la calidad de la salud cerebral. La Asamblea Mundial de la Salud (2022) adoptó el *Plan de acción mundial intersectorial sobre la epilepsia y otros trastornos neurológicos 2022-2031*, el cual prevé «que se valore, promueva y proteja la salud cerebral a lo largo de toda la vida».

En 2022, la OMS publicó un documento llamado *Optimizar la salud cerebral a lo largo de la vida*, donde recomienda diversas intervenciones desde los centros educativos para lograrlo, entre las cuales podemos identificar:

- Incluir el seguimiento del crecimiento y las evaluaciones del neurodesarrollo para el diagnóstico e intervención temprana en los programas de salud escolar.
- Diseñar planes de estudio para enseñar sobre la promoción de la salud cerebral según su edad.
- Implementar programas de alimentación saludable.
- Incluir programas de actividad física de calidad.
- Implementar el uso de casco para deportes de contacto para reducir la incidencia de traumatismo cerebral.
- Diseñar currículos sobre los impactos ambientales en la salud del cerebro.
- Aumentar el acceso a programas de aprendizaje en la primera infancia.
- Incrementar el acceso a la educación formal y la educación inclusiva.
- Implementar intervenciones para promover la salud y el desarrollo del cerebro sano en los adolescentes.
- Diseñar currículos que incluyan cómo combatir el estigma, los prejuicios y la discriminación de una manera apropiada para su edad.

Estos son los primeros pasos, que han generado un impulso global para abordar la optimización y mejora salud cerebral de la población sobre la base de la evidencia y de manera integral con la participación de diversos sectores de la sociedad. Sin duda, la escuela será un protagonista central para que estas iniciativas sean exitosas.

4. La resiliencia: la adversidad como escenario de aprendizaje

En los últimos años, la *resiliencia* está siendo uno de los conceptos más estudiados en salud mental. Seguramente, si buscamos una definición, encontraremos casi la misma cantidad de definiciones como autores escriben sobre el tema. Definirla requiere, entonces, un ejercicio reflexivo que busque interpretarla con la mayor evidencia disponible.

El psicólogo Ådne G. Thomassen define *resiliencia* como una interacción compleja de factores de riesgo y factores protectores que conducen a resultados positivos de desarrollo; o sea, una adaptación positiva a situaciones estresantes, resistiendo su influencia negativa y evitando la aparición de disfunciones significativas.

Otra definición usada en psicología la interpreta como la capacidad para buscar el camino hacia los recursos psicológicos, sociales, culturales y físicos que sustentan el bienestar, y la capacidad para negociar que estos recursos sean proporcionados y experimentados.

Anna Forés y Jordi Grané distinguen entre *resiliencia clásica* y *resiliencia generativa*. La clásica es la capacidad humana de afrontar, de sobreponerse a una adversidad y de salir fortalecido o transformado. Y este es el concepto que toman la mayoría de los investigadores de salud mental. La resiliencia generativa se refiere a la resiliencia como la virtud de generar opciones, metamorfosear y seguir viviendo. Se interpreta como un proceso de reconstrucción humana; no es solo adaptación, recuperarse, volver a un estado inicial o volver al equilibrio. La resiliencia generativa es saltar hacia delante, crecer hacia algo nuevo, construir futuros posibles; resiliar es aprender vivir, a generar vida, a caminar de nuevo a partir de la generación de afectos y vínculos.

Boris Cyrulnik, psiquiatra y neurólogo francés que ha estudiado durante toda su vida la resiliencia, fue, junto con su familia, víctima de la invasión del nazismo en Francia. Él la define como un iniciar un nuevo desarrollo después de un trauma, y lo amplía afirmando que:

[...] una persona no vuelve a ser la misma tras un trauma; la huella está en el cuerpo, en el cerebro, en la memoria. Se puede retomar un buen desarrollo, a veces menos bueno, pero en todo caso distinto al que

se hubiera tenido sin el trauma, hablamos entonces de un desarrollo resiliente.

Más allá de las definiciones, interpretamos la resiliencia como un conjunto complejo de interacciones de procesos dinámicos de nuestros sistemas neurobiológico, cognitivo, emocional, social y de creencias que se unen en una serie de características personales que nos permiten utilizar diversas estrategias para encarar situaciones difíciles, con el objetivo de evitarnos el riesgo de enfermedad, mantener nuestro normal funcionamiento, proporcionarnos una buena salud y generar aprendizajes en nosotros mismos.

Cada uno de nosotros, desde niños, vamos desarrollado cierto grado de resiliencia, adquirimos las herramientas buenas o malas para afrontar las crisis. Este grado adquirido de resiliencia acabará determinando la vulnerabilidad al estrés, al trauma y a la adversidad. Afortunadamente, podemos aumentarla y mejorarla mediante el aprendizaje y las prácticas que nos lleven al desarrollo de nuestras propias características resilientes. Hay una serie de factores que promueven la resiliencia durante la crianza, como, por ejemplo:

- Ambientes afectivos positivos y solidarios, tanto en la familia como en la comunidad, la escuela y la sociedad.
- Relaciones positivas con adultos y compañeros.
- Crianza de los hijos de manera solidaria, atenta y responsable por parte del equipo parental.
- Vínculos prosociales con la comunidad.
- No exposición a los niños y niñas a estrés incontrolable y a traumas como abusos, guerra, conflictos, etc.
- No atribución a los niños y niñas de roles de adulto, como trabajos o cuidados de otras personas, no acordes con su edad.
- Exposición a experiencias de superación y a desafíos manejables para su edad.
- Exposición progresiva a entrenamiento cognitivo-conductual individual o grupal, como estrategias de prevención (por ejemplo, entrenamiento en inoculación de estrés).

Estos factores promotores de resiliencia favorecen una respuesta adaptativa al estrés, una rápida recuperación del estrés y una baja susceptibilidad a la aparición de trastornos de salud mental, especialmente los relacionados con el estrés, en la vida adulta. Pero ¿cuáles son las características de los adultos resilientes? Las características de un adulto resiliente están consensuadas por la mayoría de los investigadores. Mencionamos algunas de esas características.

El *optimismo realista* se refiere a la expectativa de buenos resultados y es una de sus características principales. Sr optimista disminuye la excitación autonómica tras una situación de estrés y se asocia a una recuperación más rápida. Los individuos optimistas reportan menos desesperanza e impotencia frente a la adversidad, es menos probable que utilicen la conducta evitativa ante una situación adversa como mecanismo de afrontamiento. El optimismo realista se asocia a estrategias activas de afrontamiento, con bienestar subjetivo, con salud física y con la construcción de redes sociales fuertes y amplias.

El *afrontamiento activo* se refiere las estrategias conductuales y psicológicas para cambiar las cualidades del factor estresante o de cómo se percibe el factor estresante. El afrontamiento activo se ha asociado fuertemente con la resiliencia y la adaptabilidad, sobre todo cuando el afrontamiento está orientado hacia la tarea.

La *reevaluación cognitiva* es la capacidad para monitorizar y evaluar los pensamientos, en especial los negativos, y para reemplazarlos por otros más positivos o funcionales. La reevaluación cognitiva se asocia fuertemente con la resiliencia y con la flexibilidad cognitiva. Los individuos con alta reevaluación cognitiva tienen menos probabilidades de desarrollar síntomas depresivos que los de baja reevaluación. Los individuos que presentan relaciones de apego seguro se relacionan a una mayor capacidad de reevaluación cognitiva y a una mayor resiliencia.

El *apoyo social* es otra de las características del adulto resiliente. Este, en general, tiene una adecuada red de apoyo social y, si no la ha conseguido, emprende su búsqueda, ya que ve en la red un lugar en donde nutrir sus emociones y compartir experiencias.

El *humor* es una característica marcada del individuo resiliente. De hecho, a menudo es considerado como una estrategia de afrontamiento activo ante las dificultades. El humor es un gran protector frente al estrés y cada vez es más utilizado en intervenciones breves en personas que han sufrido estrés postraumático o padecen enfermedades terminales. En otras palabras, educar con humor es una cosa muy seria; porque con humor la letra entra mejor. Y hace la vida más bella.

La *actividad física* estimula la resiliencia. Se ha demostrado que el ejercicio físico modifica factores neurobiológicos de la resiliencia en humanos. También se ha constatado que el ejercicio físico puede ser beneficioso en pacientes con síntomas depresivos o que atraviesan situaciones estresantes.

Las *conductas prosociales* como el altruismo y la solidaridad se han asociado con la resiliencia tanto en adultos como en niños. En Grecia, por ejemplo, se llevó a cabo un estudio de niños de escuela primaria: los que mostraban mayor altruismo se asociaron a mayores niveles de empatía y resiliencia y a menor competitividad en el aula.

Anna Forés y Jordi Grané han resumido magistralmente una serie de recomendaciones para trabajar específicamente la resiliencia generativa:

- Como primer paso, personalizar la educación, respetando la neurodiversidad, la cultura y las necesidades, generando oportunidades para ayudar a que todos alcancen su máximo potencial.
- Dar espacio al humor durante el aprendizaje, diseñando actividades lúdicas focalizadas en el optimismo y la alegría.
- Educar en habilidades para la vida, generar sentido y significado a los aprendizajes, desde la humildad y con la participación libre e improvisada de los estudiantes.
- Concebir las experiencias como escenarios de aprendizaje, generando ritmos y tiempos de aprendizaje adecuados, y una mentalidad abierta, curiosa, original y creativa.
- Utilizar las funciones ejecutivas como aliadas, estimulando la atención, la flexibilidad, la inhibición, la planificación y una toma de decisiones eficaz.

- Educar en el concepto de *mentalidad de crecimiento* desde edades tempranas y durante toda la vida.
- Construir vínculos sociales, afectividad sana, apego con confianza y seguridad, con el objetivo de generar relaciones auténticas, límites funcionales, cuidados, diálogos positivos, y conductas prosociales como la compasión y la solidaridad.
- Recuperar el poder de narrar historias con pasión y significado para el niño que incluyan un lenguaje amable, ágoras, preguntas y vocabularios de esperanza.

Desde la escuela podemos construir estructuras de convivencia social, democráticas y participativas usando la imaginación moral e incorporando el buen uso de la memoria, del olvido y del perdón; expandiendo la definición del «nos-otros», generando rebeldía, cooperación y comunidad.

Existe un consenso generalizado entre la comunidad científica internacional en torno a la necesidad de investigar más los procesos resilientes, ya que toda la evidencia disponible es cada día más sólida y nos lleva a la conclusión de que las personas resilientes tienen un menor riesgo de desarrollar trastornos de salud mental, y son capaces de adaptarse a situaciones difíciles e, incluso, de salir fortalecidas de las adversidades.

La construcción de nuestra salud mental comienza desde el vientre materno, y prosigue con los cuidados y los estímulos ambientales que aseguran un neurodesarrollo sano y adecuado. En la infancia y la adolescencia, el rol del centro educativo es crítico. La escuela puede ser un escenario amenazante, intimidante y que inhiba nuestra capacidad para alcanzar nuestro máximo potencial. O bien puede constituir un escenario maravillosamente estimulante, donde aprendemos, fortalecemos vínculos, desarrollamos habilidades sociales, incorporamos reglas y normas, ensayamos personalidades, practicamos emociones, ganamos confianza y autonomía, perdemos los miedos. Los docentes son los que tienen en sus manos, en sus miradas, en su tono de voz, en su propia conducta... la oportunidad privilegiada de marcar la diferencia.

5. Bibliografía

- Aldridge, J. M. y McChesney, K. (2018). The relationships between school climate and adolescent mental health and wellbeing: A systematic literature review. *International Journal of Educational Research*, 88, 121-145. doi.org/10.1016/j.ijer.2018.01.012
- Burt, K. B. y Paysnick, A. A. (2012). Resilience in the transition to adulthood. *Dev. Psychopathol.*, 24, 493-505.
- Eyre, H. A., Ayadi, R., Ellsworth, W., Aragam, G., Smith, E., Dawson, W. D. et al. (2021). Building brain capital. *Neuron*, 109, 1430-1432. DOI: 10.1016/j.neuron.2021.04.007.
- Grané, J. y Forés, A. (2020a). *Los patitos feos y los cisnes negros. Resiliencia y neurociencia*. Plataforma (1.ª ed.).
- Grané, J. y Forés, A. (2020b). *Hagamos que sus vidas sean extraordinarias. 12 acciones para generar resiliencia desde la educación*. Octaedro (1.ª ed.).
- Neuroscience-inspired Policy Initiative. Organisation for Economic Co-operation and Development. <https://www.oecd.org/naec/brain-capital>
- OMS (2022a). *Optimizing brain health across the life course: WHO position paper*. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo>
- OMS (2022b). *WHO Air Quality Database*. <https://www.who.int/publications/m/item/who-air-quality-database-2022>
- Organización Panamericana de la Salud (2023). *Informe mundial sobre la salud mental: Transformar la salud mental para todos*. doi.org/10.37774/9789275327715
- Schiariti, V., Simeonsson, R. J. y Hall, K. (2021). Promoting developmental potential in early childhood: a global framework for health and education. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 18. DOI: 10.3390/ijerph18042007
- Smith, E., Ali, D., Wilkerson, B., Dawson, W. D., Sobowale, K., Reynolds, C. et al. (2021). A Brain Capital Grand Strategy: toward economic reimagination. *Mol Psychiatry*, 26, 3-22. DOI: 10.1038/s41380-020-00918-w
- Hijssen, S. (2023). More Than a Learning Environment: School Climate as a Protective Factor for Child Neurodevelopment and Mental

- Health? *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 8(1), 6-8. doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.10.002
- Ungar, M. y Theron, L. (2020). Resilience and mental health: how multisystemic processes contribute to positive outcomes. *Lancet Psychiatry*, 7(5), 441-448. DOI: 10.1016/S2215-0366(19)30434-1
- Amin, V., Fletcher, J. M., Lu, Q. y Song, J. (2023). Re-examining the relationship between education and adult mental health in the UK: A research note. *Economics of Education Review*, 93, 102354. doi.org/10.1016/j.econedurev.2023.102354
- Wu, G., Feder, A., Cohen, H., Kim, J. J., Calderon, S., Charney, D. S. y Mathé, A. A. (2013). Understanding resilience. *Front. Behav. Neurosci.*, 7(10). DOI: 10.3389/fnbeh.2013.00010

Índice

Prólogo	9
1. El acceso a la universidad: empecemos por el principio	13
1. Introducción: la influencia de las pruebas de acceso a la universidad	14
2. Pruebas con base neuroeducativa	15
3. Sobre la información, los conocimientos y los saberes para profundizar en la sabiduría	17
4. La propuesta: tres tipologías de pregunta para unas competencias transversales	19
4.1. Gestión y comunicación de la información	20
4.2. Resolución de problemas a partir de la aplicación integrada de los aprendizajes	21
4.3. Juicio y pensamiento crítico	22
5. Bibliografía	23
2. Progreso, persistencia, asistencia para diluir: abandonos, absentismos y otros «ab»	25
1. Diagnóstico	26
2. Propuestas	28
3. Conclusiones	32
4. Bibliografía	33
3. Espacios que dejan huella	35
1. Neuronas que nos orientan	35
2. Espacios innovadores	37
2.1. Flexibilidad	37
2.2. Tecnología	37

2.3. Mobiliario	38
2.4. Confort ambiental	39
3. Emoción en el espacio y en el aprendizaje	41
4. Conclusiones	42
5. Bibliografía	43
4. Tomar consciencia. Corresponsabilizarse del aprendizaje	45
1. Primera propuesta: tomar consciencia	45
2. Segunda propuesta: corresponsabilizarse del aprendizaje	48
2.1. Qué debe hacerse previamente al proceso de educar	49
2.2. Qué debe hacerse durante el proceso de educar	52
2.3. Qué debe hacerse siempre durante el proceso educativo	53
3. Bibliografía	54
5. Diversidades diversas. Diseños universales	55
1. Energía para cambiar la mirada: la importancia de la neuroética	56
2. Energía para enseñar <i>a</i> todos: neuroeducador, una nueva profesión	57
3. Energía para diseñar <i>para</i> todos con formación curricular en diseño para todas las personas en titulaciones universitarias	59
4. Energía para diseñar <i>con</i> todos: diseño universal para el aprendizaje	60
5. Bibliografía	62
6. Funciones ejecutivas, aprendizaje y evaluación: elementos clave en contextos universitarios para potenciar los aprendizajes significativos	65
1. Neuroeducación funciones ejecutivas y aprendizaje	66
2. Elementos clave de la evaluación en el ámbito universitario	69
3. Conclusiones	72
4. Bibliografía	73
7. El <i>feedback</i> como gestor e impulsor de aprendizajes futuros	75
1. Qué es el <i>feedback</i> y cómo nos puede conducir al <i>feedforward</i>	76
2. Anatomía y fisiología cerebral del <i>feedback</i> entre iguales	78
3. Claves para un buen (neuro)desarrollo a través del <i>feedback</i> entre iguales	80

4. Conclusiones	82
5. Bibliografía	83
8. Evaluación y neuroeducación: el tándem para potenciar aprendizajes significativos en la universidad	85
1. Evaluación y neuroeducación: un tándem necesario	86
2. Estrategias, herramientas, implicaciones clave y recomendaciones prácticas	91
2.1. Desde la perspectiva de la evaluación formativa	91
2.2. Desde la perspectiva de la neuroeducación	91
3. Implicaciones clave para la práctica docente	94
4. Recomendaciones prácticas	94
5. Conclusiones	95
6. Bibliografía	96
9. Exámenes: del estrés al reto	99
1. Cómo la tipología de exámenes puede influir en el aprendizaje	100
2. Recuperación y consolidación de la memoria	103
3. Efectos del estrés en la memoria y el aprendizaje: el papel de los exámenes	105
4. Conclusiones	107
5. Bibliografía	108
10. Interdisciplinariedad: la imprescindible sinergia entre ciencias y humanidades para una formación integral	111
1. ¿Ciencia versus humanidades?	112
2. Juntas, pero no revueltas	115
3. Bibliografía	119
11. La transferencia del aprendizaje en la era de la inteligencia artificial	121
1. Nuevos tiempos, nuevos desafíos	121
2. Comprender para transferir	122
3. Componentes y procesos de transferencia del conocimiento	123
4. Nuevas perspectivas, nuevas habilidades	126

5. Conclusiones	129
6. Bibliografía	130
12. Realidad extendida e inteligencia artificial	133
1. Cómo interpreta el cerebro la realidad extendida	133
2. La realidad extendida en educación superior: oportunidades y riesgos	136
3. ¿Puede usarse la inteligencia artificial en educación superior?	138
4. Conclusiones	140
5. Bibliografía	140
13. Una universidad en movimiento	143
1. Cómo la actividad física provoca cambios en nuestro cerebro	145
2. Relevancia en una etapa clave en el desarrollo cognitivo	147
3. Oportunidades que nos ofrece la actividad física para la mejora de nuestro cerebro	148
3.1. Capacitarnos para tareas con alta exigencia cognitiva	148
3.2. Prepararnos para tareas con alta demanda atencional	149
3.3. Potenciar los procesos de aprendizaje	149
3.4. Aprender en movimiento	150
4. Conclusiones	150
5. Bibliografía	151
14. El estrés en contextos educativos	153
1. ¿Qué es el estrés?	153
2. Estrés y aprendizaje	155
3. Estrés universitario	158
4. Bibliografía	160
15. La construcción de la salud mental desde el aula	163
1. Introducción	163
2. Factores protectores para la salud mental	166
3. Salud cerebral: la nueva meta global	168
4. La resiliencia: la adversidad como escenario de aprendizaje	171
5. Bibliografía	176

ÚLTIMOS TÍTULOS PUBLICADOS

Planificación de la docencia universitaria

Artur Parcerisa Aran (coord.)

El arte de presentar en público en la universidad

Carme Hernández-Escolano,
Montserrat Alguacil de Nicolàs (eds.)

Hacia la inclusión educativa en la Universidad: diseño universal para el aprendizaje y la educación de calidad

Coral Elizondo Carmona

Manual de docencia universitaria

Max Turull Rubinat (coord.)

Educar con sentido transformador en la universidad

Pablo Rivera-Vargas, Raquel Miño-Puigcercós,
Ezequiel Passeron (coords.)

Bienvenidos a la universidad

Francisco Esteban Bara

Mejorar las prácticas de maestro: un modelo basado en la colaboración y la reflexión conjunta entre la escuela y la universidad

Teresa Mauri, Javier Onrubia, Rosa Colomina (eds.)

Recursos educativos abiertos

Gema Santos-Hermosa, Ernest Abadal Falgueras

Escribir en la Universidad española: entre la realidad y el deseo

Montserrat Castelló, Núria Castells (eds.)

Competencia de aprender a aprender y autorregulación en la universidad

Laia Lluch, Nati Cabrera (coords.)

Construir culturas de datos justas en la universidad

Juliana Elisa Raffaghelli

¡Escucha, rector! Las universidades singulares crean nuevos modelos de aprendizaje

Lluís Pastor

La inteligencia situacional en la formación de adultos

Michel Fiol, Marcel Planellas, Carolina Serrano,
Kristine De Valk

ChatGPT y educación universitaria: posibilidades y límites de ChatGPT como herramienta docente

Mireia Ribera, Oliver Díaz Montesdeoca (coords.)

La docencia universitaria en clave neuroeducativa

Viejos problemas, nuevos retos: oportunidades para el cambio

Este libro, escrito por investigadores, formadores y divulgadores del campo de la neuroeducación vinculados a la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st, explora la intersección entre la neurociencia y la educación universitaria, y lo hace en un momento crucial de la historia académica. La neuroeducación, una disciplina académica que fusiona los conocimientos en neurociencia con las prácticas pedagógicas, presenta nuevas posibilidades en la búsqueda de un aprendizaje más efectivo y significativo. En la educación superior, donde las nuevas informaciones fluyen sin cesar, se erige como una herramienta esencial para comprender cómo el cerebro procesa y retiene el conocimiento.

Abundan los trabajos aplicables a las aulas que abordan cómo es y cómo funciona el cerebro de niños y adolescentes, y cómo va cambiando a través de los aprendizajes y experiencias, pero son muy pocos los que se han centrado en los estudios superiores. Esta es, precisamente, la principal aportación de este libro para cualquier docente: cómo influyen los exámenes, el estrés, los espacios arquitectónicos, el *feedback*, los estados emocionales, el empoderamiento de los estudiantes, la salud mental, la nuevas tecnologías como la realidad aumentada, el metaverso y la inteligencia artificial, etc., en la consolidación académica de los estudiantes que cursan estudios superiores, incluyendo los universitarios. No es un mero compendio de las últimas investigaciones y teorías al respecto. Pretende ser una punta de lanza que permita introducir novedades cada vez más necesarias en los procesos educativos.

David Bueno. Doctor en Biología, profesor e investigador de la Sección de Genética Biomédica, Evolutiva y del Desarrollo de la Universitat de Barcelona. Dirige la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st. Colabora habitualmente en medios de comunicación y ha publicado más de setenta artículos científicos especializados y una veintena larga de libros de divulgación y ensayo.

Anna Forés. Doctora en Filosofía y Ciencias de la Educación y licenciada en Pedagogía por la Universitat de Barcelona. Codirectora del posgrado de Neuroeducación de la UB y directora de la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU1st. Es miembro de varios grupos de investigación educativa, como el GR-EME o el grupo de innovación INDAGA'T. Es autora de artículos y de más de dieciséis libros sobre temática educativa.

Octaedro 



Institut de Desenvolupament
Professional

