

Neurodidáctica: cómo aprende el cerebro y cómo enseñarle.
Un marco aplicado para la educación inicial y básica primaria.

Pablo Romero Ibáñez

Pedagogo. Director de Nexos Innova.

Autor de los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI.

Bogotá, Colombia · 2026

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.20275203>

Versión final · Publicado en Nexos Innova · 18 de mayo de 2026

Cita: Romero Ibáñez, P. (2026). Neurodidáctica: cómo aprende el cerebro y cómo enseñarle. Un marco aplicado para la educación inicial y básica primaria. Nexos Innova. <https://doi.org/10.5281/zenodo.20275203>

Licencia: Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)

Resumen

La neurodidáctica es la disciplina que se ocupa de cómo aprende el cerebro humano en contextos de enseñanza y de cómo, a la luz de ese conocimiento, conviene diseñar talleres, secuencias didácticas, materiales escolares y experiencias educativas. Este artículo la sitúa dentro de un ecosistema más amplio —el que forman la neurociencia, la neuroeducación, la neuropedagogía y la neurodidáctica— y argumenta que, sin la primera, las otras tres carecerían de sustrato; sin la cuarta, las tres anteriores no llegarían al aula. Tras reconstruir el origen del campo a partir del trabajo de Gerhard Preiß en la Pädagogische Hochschule Freiburg (1984-1996), el texto define la neurodidáctica, presenta un cuadro comparativo de los cuatro campos del ecosistema neuro-educativo, expone sus componentes operativos (emoción, curiosidad, atención, memoria, plasticidad, sueño, metacognición, cognición encarnada y vigilancia frente a los neuromitos), dialoga con sus críticos clásicos y contemporáneos, y desarrolla seis aplicaciones concretas para la educación inicial (3 a 5 años) y para las cinco áreas de la educación básica primaria: ciencias naturales, ciencias sociales, matemáticas, lengua castellana y educación artística. Finalmente, conecta cada aplicación con los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI (Comprender, Pensar, Innovar y Desarrollo Humano), que dialogan con la formulación clásica de Delors (1996) y la profundizan en clave neurodidáctica.

Palabras clave: neurodidáctica, neuroeducación, neuropedagogía, aprendizaje, didáctica aplicada, educación inicial, básica primaria, Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación.

Abstract

Neurodidactics is the discipline concerned with how the human brain learns in teaching contexts and how, in light of that knowledge, classrooms, workshops, didactic sequences, school materials and learning experiences should be designed. This paper locates neurodidactics within a wider ecosystem —composed of neuroscience, neuroeducation, neuropedagogy and neurodidactics— and argues that without the first, the other three would lack a substrate; without the fourth, the previous three would not reach the classroom. After reconstructing the origin of the field through Gerhard Preiß's work at the Pädagogische Hochschule Freiburg (1984-1996), the article defines neurodidactics, offers a comparative chart of the four fields of the neuro-educational ecosystem, presents its operative components (emotion, curiosity, attention, memory, plasticity, sleep, metacognition, embodied cognition and vigilance against neuromyths), engages with its classical and contemporary critics, and develops six concrete applications for early childhood education (ages 3 to 5) and for the five areas of primary education: natural sciences, social sciences, mathematics, Spanish language and arts education. Finally, each application is connected to the Four Pillars and Eight Knowings for 21st-Century Education (Understanding, Thinking, Innovating and Human Development) proposed by the author, which dialogue with Delors's classical formulation (1996) and deepen it in a neurodidactic key.

Keywords: neurodidactics, neuroeducation, neuropedagogy, learning, applied didactics, early childhood education, primary education, Four Pillars and Eight Knowings for Education.

1. Introducción

La pregunta de cómo se aprende dejó de ser, en las últimas cuatro décadas, exclusiva de la pedagogía y la psicología. La irrupción de la neuroimagen, la consolidación de la neurociencia cognitiva y el impulso de la llamada Década del Cerebro abrieron un diálogo que sigue activo entre quienes estudian el sistema nervioso humano y quienes piensan la educación. La conversación es legítima, pero también delicada. Buena parte de lo que la neurociencia produce proviene de laboratorios, con sujetos adultos, en condiciones controladas y con métodos cuantitativos. Trasladar esos resultados a la realidad concreta de un aula colombiana, mexicana o argentina —donde una maestra de preescolar atiende a veinticinco niños de cinco años con historias afectivas distintas y ritmos de atención propios— no es una operación automática. Esa traducción es precisamente el oficio de la neurodidáctica.

Este artículo defiende una idea sencilla: la neurodidáctica no compite con la neurociencia. La presupone. Es, dentro de un ecosistema más amplio que aquí llamaré ecosistema neuroeducativo, la disciplina que entra al aula. La neurociencia describe el funcionamiento general del cerebro; la neuroeducación articula, a nivel macro, la relación entre cerebro, mente y educación; la neuropedagogía reflexiona sobre cuál es la educación coherente con la naturaleza neural del aprendiz; y la neurodidáctica diseña los talleres, las secuencias y los materiales que hacen que ese aprendizaje ocurra. Cada una tiene su lugar. Ninguna sustituye a otra. La tensión, cuando surge, no está entre ellas; está entre el laboratorio y el aula, entre la evidencia y la práctica, entre el rigor experimental y la urgencia de las decisiones que un docente toma cada cuarenta y cinco minutos.

He trabajado como pedagogo durante más de tres décadas en la educación inicial y básica colombiana, así como en consultorías pedagógicas en México, Perú, Panamá, Venezuela, El Salvador y Guatemala. En todos esos contextos he constatado lo mismo: a los maestros les llegan datos del cerebro, pero pocas veces les llega una didáctica que los aproveche. El propósito de este artículo es contribuir a cerrar esa brecha. Lo hace en cuatro movimientos. Primero reconstruye el origen del campo y precisa sus fechas, hoy con frecuencia confundidas en la literatura iberoamericana. Después, define la neurodidáctica con base en los autores que la fundaron y consolidaron. En tercer lugar, propone un cuadro comparativo de los cuatro campos del ecosistema neuroeducativo, lo que evita falsas oposiciones y muestra dónde se ubica cada uno. Luego, presenta los componentes operativos de la neurodidáctica, dialoga con sus críticos y desarrolla, área por área, ejemplos aplicados para la educación inicial y para las cinco áreas de la educación básica primaria. El cierre conecta esos ejemplos con los Cuatro Pilares y Ocho Saberes formulados por el autor desde 2008 y profundizados en publicaciones posteriores.

2. Origen y evolución histórica de la neurodidáctica

La neurodidáctica nace como un proyecto académico en la Pädagogische Hochschule Freiburg, en el suroeste de Alemania. Su creador es Gerhard Preiß, catedrático de Didáctica de la Matemática en esa institución. Reconstruir su origen con precisión importa más de lo que parece, porque en la literatura iberoamericana circulan al menos tres fechas distintas —1980, 1988 y 2003— y la falta de claridad ha contribuido a que el campo se reciba con una cronología confusa. Las fechas que la evidencia documental sostiene son cuatro, y conviene presentarlas como una secuencia.

Hacia **1984**, Preiß comenzó a especializarse en el cruce entre la investigación cerebral y la didáctica matemática. *Neurodidaktik* se convierte, según sus propios datos biográficos, en su campo de trabajo

principal. En **1988** propuso públicamente la creación de una asignatura autónoma que articulara los hallazgos de la neurociencia con los principios de la pedagogía, y la denominó *Neurodidaktik*. Esa propuesta fue la primera presentación institucional del término en un contexto académico. La primera publicación impresa que contenía esa palabra apareció en **1993**, titulada “*Neurodidaktik*”. *Ein notwendiger Beitrag zur Didaktik des Jahres 2000*, publicada en la revista *Lehren & Lernen*, y corresponde a una conferencia que Preiß había pronunciado el 12 de octubre de 1992 en la ciudad de Trossingen. La sistematización del campo en monografía se produjo en **1996** con la aparición de *Neurodidaktik. Theoretische und praktische Beiträge* (Centaurus Verlag, volumen 10 de la Schriftenreihe der Pädagogischen Hochschule Freiburg). Posteriormente, en **2003**, Friedrich y Preiß publicaron el artículo programático titulado “*Neurodidaktik*”. *Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik* en *Pädagogische Rundschau*, y ese mismo año, en versión española, Preiss y Friedrich firmaron *Neurodidáctica en Mente y Cerebro* (4, 39-45), lo que abrió el campo al espacio iberoamericano (Paz Illescas et al., 2019).

La fecha 1980, que algunas fuentes de divulgación citan como nacimiento del campo, no tiene respaldo documental: probablemente surge del redondeo del período en que Preiß comenzó a interesarse por la neurociencia. El año 1988, en cambio, marca la propuesta formal de la disciplina; 1993, su primera publicación impresa; y 1996, su sistematización en un libro. La elección de cuál de estas tres fechas operacionaliza el “nacimiento” del campo depende del criterio elegido —institucionalización, publicación, sistematización—, pero la historia no admite situar el campo a mediados de los años ochenta.

En el espacio europeo, el trabajo de Preiß se prolongó en autores como Gerhard Friedrich, su principal colaborador, y en investigadores que tomaron el relevo, entre ellos Britta Ostermann y Kristian Foltaschoofs, este último editor del manual *Neurodidaktik. Grundlagen für Studium und Praxis* (Kohlhammer, 2014). En el ámbito iberoamericano, la disciplina se difundió a partir de la primera década del siglo XXI con los trabajos de Francisco Mora en España, Anna Forés y Marta Ligoiz en Cataluña, Antonio Battro en Argentina, David Bueno i Torrens desde la Cátedra de Neuroeducación de la Universidad de Barcelona, Tracey Tokuhama-Espinosa desde Quito y luego de Harvard, y Anna Lucía Campos en Perú. En Colombia, mi propio trabajo desde la Pedagogía de la Humanización (Romero Ibáñez, 2008) ha buscado articular los hallazgos del campo con la educación inicial y la básica primaria, con énfasis particular en los pilares de Comprender, Pensar, Innovar y Desarrollo Humano.

Conviene precisar también la cronología de la neurociencia, porque la confusión entre ambas disciplinas se alimenta de la imprecisión histórica. La neurociencia moderna se constituyó como un campo unificado a partir de 1962, cuando Francis O. Schmitt impulsó, con afiliación al Massachusetts Institute of Technology y con sede en la American Academy of Arts and Sciences, el Programa de Investigación en Neurociencia (Neurosciences Research Program), que reunió a científicos físicos, biológicos, médicos y del comportamiento para estudiar el cerebro de manera integrada. En 1969 se fundó en Estados Unidos la Society for Neuroscience, un hito que marca la consolidación institucional de la disciplina. La neurodidáctica, entonces, llega un cuarto de siglo después y con un propósito distinto: no estudiar el cerebro en general, sino el cerebro que aprende en contextos de enseñanza.

3. Definición y características de la neurodidáctica

Las definiciones que han marcado el campo son tres. La primera proviene de Preiß y Friedrich (2003), quienes la presentaron como la configuración del aprendizaje que mejor encaja con el desarrollo del cerebro. La segunda, de Forés y Ligoiz (2009), la describe como el campo en el que la neurociencia y la didáctica

se encuentran para diseñar un aprendizaje ajustado a la naturaleza humana del aprendiz. La tercera, de Mora (2022), sostiene que enseñar bien exige conocer cómo el cerebro registra, procesa, memoriza y olvida lo que se le presenta. Anna Lucía Campos (2010), en el contexto iberoamericano, añade un matiz que conviene retener: el conocimiento neurocientífico no resuelve los problemas educativos por sí mismo; los habilita en la medida en que el maestro se lo apropia y lo convierte en decisiones didácticas. Tomando como base esos aportes, propongo una formulación de síntesis.

Defino la neurodidáctica como la disciplina aplicada que estudia cómo aprende el cerebro humano y, a partir de ese conocimiento, diseña, con pertinencia y eficacia, talleres, secuencias didácticas, estrategias, métodos, materiales y experiencias educativas que facilitan el aprendizaje, el aprender a aprender, la metacognición y el desarrollo integral del pensamiento.

Esta definición articula tres rasgos que conviene explicitar. Se aplica en el sentido fuerte del término: no busca producir conocimiento básico sobre el cerebro, sino convertirlo en propuestas didácticas verificables en aulas reales. Es interdisciplinar porque articula la neurociencia, la psicología cognitiva, la pedagogía, la didáctica y, cada vez más, las ciencias del diseño instruccional y la tecnología educativa. Y está centrada en el aprendiz, no en el contenido ni en el método, lo que obliga a una transformación profunda del oficio docente: del modelo expositivo y vertical al diseño de experiencias acordes con la atención, la emoción y la memoria del estudiante.

Hay otras dos cualidades que el campo se ha ganado con el tiempo. La neurodidáctica es crítica frente a los neuromitos: una parte considerable de su trabajo consiste en desmontar creencias muy difundidas en el ámbito escolar —los estilos de aprendizaje rígidos, la lateralización extrema entre hemisferios, el uso del 10 % del cerebro, los efectos prodigiosos de los entornos enriquecidos— que la evidencia no sustenta (Dekker et al., 2012; Howard-Jones, 2014; Torrijos-Muelas et al., 2021). Y es éticamente responsable, en un sentido que Mora (2022) ha formulado con claridad: toda decisión didáctica modifica los circuitos neuronales del estudiante, lo que convierte la enseñanza en una responsabilidad de gran alcance, sobre todo en los primeros años de vida, cuando la plasticidad cerebral es máxima.

4. El ecosistema neuroeducativo: un paralelo de cuatro campos

Las confusiones que circulan en el ámbito de la formación docente entre neurociencia, neuroeducación, neuropedagogía y neurodidáctica no son inocuas. Cuando un colegio compra un programa de “estimulación cerebral basada en neurociencia”, lo hace porque el lenguaje del campo es ambiguo y porque ese mismo lenguaje permite que el mercado editorial y de formación venda productos sin que el comprador sepa qué tipo de afirmación está adquiriendo. Distinguir los cuatro campos no es un ejercicio académico: es una operación de higiene pedagógica.

A diferencia del cuadro que presentaba mi versión previa de este artículo, en el que la neurociencia y la neurodidáctica aparecían contrastadas como si rivalizaran, la siguiente comparación las sitúa como integrantes de un mismo ecosistema. Cada campo cumple una función específica; ninguno reemplaza al otro; y la neurodidáctica, en este mapa, ocupa el lugar de la disciplina aplicada que entra al aula.

Cuadro 1. Los cuatro campos del ecosistema neuroeducativo

Criterio	Neurociencia	Neuroeducación	Neuropedagogía	Neurodidáctica
Objeto de estudio	Sistema nervioso humano y animal en	Relación entre cerebro, mente y	Pensamiento pedagógico sobre la	Cómo aprende el cerebro en contextos

	general: estructura, función, química, genética, patologías y desarrollo.	educación a nivel macro: cognición, aprendizaje, políticas y currículo.	educación coherente con el funcionamiento del cerebro humano.	de enseñanza y cómo diseñar la enseñanza en consecuencia.
Pregunta central	¿Cómo funciona el cerebro?	¿Cómo se articulan cerebro, mente y educación?	¿Qué visión de la educación es coherente con la naturaleza neural del aprendiz?	¿Cómo enseñar de modo que el cerebro aprenda mejor?
Origen institucional	Estados Unidos, 1962-1969: Programa de Investigación en Neurociencia (Schmitt, MIT) y fundación de la Society for Neuroscience.	Estados Unidos y Europa, 1990-2000s: consolidación con la International Mind, Brain and Education Society (IMBES) y la revista Mind, Brain, and Education (Wiley, 2007).	Iberoamérica, desde la década de 1990: aportes de pedagogos hispanoamericanos que articulan reflexión teórica y hallazgos cerebrales.	Alemania, 1984-1996: trabajo de Gerhard Preiß en la Pädagogische Hochschule Freiburg.
Naturaleza epistemológica	Ciencia básica, descriptiva y experimental.	Transdisciplina puente: marco macro de articulación.	Reflexión teórica pedagógica con base en hallazgos cerebrales.	Disciplina aplicada e interdisciplinar; opera en el aula.
Unidad de trabajo	Neurona, circuito neural, sistema cerebral.	Política educativa, currículo, programa, investigación cerebro-cognición-aula.	Principio pedagógico, teoría de la formación, modelo educativo.	Taller, secuencia didáctica, estrategia, recurso, material escolar.
Métodos	Neuroimagen (fMRI, EEG), registro electrofisiológico, modelos animales, genética, ensayos clínicos.	Estudios mixtos y longitudinales; evaluación de programas; investigación-acción de gran escala.	Análisis hermenéutico, ensayos teóricos, reflexión filosófico-pedagógica.	Diseño didáctico aplicado, validación de talleres y secuencias, observación de aula, métodos cualitativos y mixtos.
Destinatarios	Investigadores básicos, médicos, biomédicos, psicólogos clínicos.	Decisores de política educativa, investigadores y formadores.	Pedagogos, formadores de formadores, autores de marcos curriculares.	Maestros de aula, diseñadores de textos escolares, autores de aplicaciones educativas.
Representantes	Santiago Ramón y Cajal, Francis O. Schmitt, Eric Kandel, António Damásio, Joaquín Fuster.	Antonio Battro, Kurt Fischer, Pierre Léna, Tracey Tokuhama-Espinosa, Paul Howard-Jones.	Reflexión iberoamericana sobre educación y cerebro (incluye desarrollos de Anna Forés en su faceta teórica).	Gerhard Preiß, Gerhard Friedrich, Francisco Mora, Marta Ligioiz, David Bueno, Judy Willis, Anna Lucía Campos.
Aporte específico	Conocimiento básico verificado sobre	Encuadre macro y marcos de política	Fundamentación filosófico-pedagógica	Operacionalización en aulas reales:

	cerebro, conducta y aprendizaje.	educativa basada en cerebro.	de la educación con base neural.	estrategias, talleres, secuencias y materiales.
--	----------------------------------	------------------------------	----------------------------------	---

Nota. Elaboración propia a partir de Preiß y Friedrich (2003), Friedrich y Preiß (2003), Forés y Ligoiz (2009), Campos (2010), Tokuhamo-Espinosa (2011, 2018), Mora (2022), Bueno (2017, 2019, 2024) y Battro, Fischer y Léna (2008).

Qué significa el cuadro

El cuadro permite ver algo que el lenguaje cotidiano oscurece. La neurociencia provee el sustrato biológico: sin lo que ella ha establecido sobre la plasticidad sináptica, la consolidación de la memoria o la función ejecutiva, los otros tres campos no tendrían fundamento. La neuroeducación organiza el horizonte macro: piensa la relación entre cerebro, mente y educación en términos de políticas, currículos y programas. La neuropedagogía formula los principios: pregunta qué tipo de educación es coherente con la naturaleza neural del aprendiz humano y reflexiona sobre los fines de dicha educación. La neurodidáctica, finalmente, traduce todo lo anterior en el aula: en talleres, en secuencias didácticas, en textos escolares, en aplicaciones, en decisiones de minuto y de hora.

Lo esencial de la neurodidáctica es precisamente su carácter operativo. Mientras la neurociencia, la neuroeducación y la neuropedagogía pueden detenerse en el conocimiento o en la reflexión, la neurodidáctica solo se valida si llega al aula y mejora algo verificable: la atención de un niño de cinco años, la comprensión lectora de un estudiante de tercero, la motivación para resolver problemas matemáticos, la expresión artística libre y segura. Por eso, en el ecosistema neuroeducativo, la neurodidáctica es la disciplina que rinde cuentas de manera más directa al maestro y al aprendiz. Es donde el conocimiento sobre el cerebro deja de ser una ilustración y se convierte en una decisión didáctica.

Esta lectura disuelve la falsa oposición entre neurodidáctica y neurociencia que algunos textos —incluida una versión previa de este mismo artículo— sostuvieron por error retórico. La neurodidáctica no necesita defenderse de la neurociencia: se fundamenta en ella. Lo que sí necesita es defender su lugar frente al mercado de productos que invocan al cerebro sin verificación, frente a la confusión terminológica que el propio ecosistema ha contribuido a generar, y frente a la tentación recurrente de extrapolar al aula hallazgos de laboratorio sin la mediación didáctica que los hace pedagógicamente útiles.

5. Los componentes operativos de la neurodidáctica

La neurodidáctica no se sustenta en conceptos generales. Se sostiene sobre un conjunto de componentes que la investigación ha documentado con suficiente rigor y que permiten tomar decisiones didácticas verificables. Lo que sigue no es una lista exhaustiva del cerebro que aprende —sería absurdo pretender resumir cuarenta años de neurociencia cognitiva en unas páginas—, sino el repertorio mínimo que un maestro, un diseñador de textos escolares o un autor de aplicaciones educativas debería tener presente al planear una clase, una unidad didáctica o un material.

5.1 La emoción como puerta del aprendizaje

Mora (2022) ha popularizado una formulación que se ha convertido en lema del campo: «solo se puede aprender aquello que se ama». Detrás del lema hay un mecanismo concreto. La amígdala y otras estructuras del sistema límbico marcan emocionalmente la información que llega al cerebro, y esa marca aumenta la

probabilidad de su consolidación en la memoria a largo plazo. La revisión de LaBar y Cabeza (2006) en *Nature Reviews Neuroscience* es la referencia clásica para entender cómo la emoción modula la memoria episódica: las experiencias emocionalmente cargadas activan circuitos amigdalino-hipocampales que protegen el trazo mnésico frente al olvido. La consecuencia didáctica es directa. Una clase fría, en la que el contenido se transmite con desafecto, desperdicia el sustrato neural sobre el que se construye el recuerdo. No basta con “hacer la clase divertida”. Lo que la evidencia muestra es que la emoción positiva genuina — el asombro, la curiosidad, la conexión humana del maestro con sus estudiantes— actúa como un catalizador biológico del aprendizaje.

5.2 La curiosidad como activadora de la atención

La curiosidad precede al aprendizaje en términos cerebrales. Cuando el cerebro detecta una pregunta abierta, una contradicción o un fenómeno inesperado, libera dopamina en el circuito mesolímbico, y esa señal prepara las redes que codificarán la información que viene después. Gruber, Gelman y Ranganath (2014) lo mostraron en un experimento con resonancia magnética funcional: los estados de alta curiosidad mejoraron no solo la memoria del material que despertó esa curiosidad, sino también la de la información incidental que se presentaba en ese mismo momento. El hipocampo, mediado por la dopamina, parece amplificar la codificación de cualquier contenido cuando la motivación por saber es alta. Para quien diseña talleres y textos escolares, este hallazgo no es anecdótico. Abrir una sesión con una pregunta provocadora, un dato sorprendente o un problema sin resolver no es un recurso retórico ni una concesión a la pedagogía amable: es una decisión basada en cómo opera el cerebro durante los primeros minutos de exposición a un contenido nuevo.

5.3 La atención y sus límites

La atención sostenida tiene un techo temporal claro, especialmente en niños y adolescentes. Ese techo no es uniforme —varía con la novedad, la dificultad y el estado afectivo del aprendiz—, pero en preescolar y básica primaria, los segmentos efectivos de atención focalizada raramente superan los quince a veinte minutos. Cualquier planeación realista en estos niveles debe fragmentar los contenidos, alternar los tipos de actividad y prever pausas cognitivas breves. La neurodidáctica distingue, además, entre atención focal, atención dividida y atención ejecutiva, y propone para cada una estrategias distintas. Howard-Jones (2014) advierte que muchas intervenciones comerciales etiquetadas como “entrenamiento atencional” sobreestiman lo que la evidencia respalda; lo que sí se sostiene es que el diseño didáctico que respeta los ciclos atencionales naturales mejora significativamente el aprendizaje sin necesidad de programas externos.

5.4 La memoria y la consolidación

Aprender no es lo mismo que memorizar de un solo golpe. Los recuerdos se consolidan con el tiempo, sobre todo durante el sueño, y la evidencia sobre las técnicas que aceleran esa consolidación ya es muy sólida. Roediger y Karpicke (2006) demostraron que recordar activamente la información —recuperarla del propio cerebro, no releerla— es una técnica de estudio considerablemente más eficaz que el repaso pasivo. Dunlosky, Rawson, Marsh, Nathan y Willingham (2013), en una revisión exhaustiva publicada en *Psychological Science in the Public Interest*, clasificaron diez técnicas de aprendizaje comunes y concluyeron que dos sobresalen por su eficacia: la práctica de recuperación y la práctica espaciada. Ambas son operacionalizables en cualquier área de la educación básica: cinco minutos de recuperación activa al inicio de cada clase, distribuidos a lo largo de varios días, producen una retención superior a la de una

jornada de estudio concentrada. Esta diferencia, ya bien establecida en la literatura, todavía no se refleja en buena parte de los textos escolares y guías de aula que circulan en el mercado iberoamericano.

5.5 La plasticidad cerebral

El cerebro humano se modifica con la experiencia a lo largo de toda la vida. Esa plasticidad es el fundamento biológico de la posibilidad misma de educar. Pascual-Leone, Amedi, Fregni y Merabet (2005) ofrecieron la síntesis más citada sobre la plasticidad humana en la *Annual Review of Neuroscience*, mostrando que las cortezas cerebrales se reorganizan estructural y funcionalmente con el entrenamiento, la práctica y la experiencia significativa. El estudio de Maguire y colaboradores (2000) con taxistas de Londres es el caso emblemático: tras años de aprender la compleja red de calles de la ciudad, los conductores presentaban un hipocampo posterior significativamente más voluminoso que el de los controles. Bueno (2019) ha integrado estos hallazgos en clave educativa: comprender el funcionamiento del cerebro es una de las vías principales para cambiarlo, tanto en uno mismo como en los demás. La plasticidad también explica por qué la intervención temprana, sostenida y bien diseñada produce efectos más profundos que las correcciones tardías. En educación inicial, esa información tiene consecuencias estructurales en la planificación de los entornos, los vínculos y los estímulos cognitivos.

5.6 El sueño y los ritmos circadianos

El momento del día en que se aprende importa. Carskadon (2011) describió lo que llamó “la tormenta perfecta” del sueño adolescente: la combinación de un retraso fisiológico de la fase circadiana, presiones sociales y escolares incompatibles con dicho retraso y una privación crónica que afecta la consolidación mnésica y el rendimiento cognitivo. La pedagogía tradicional ignoró durante mucho tiempo este componente; la neurodidáctica lo recupera. Privar a un estudiante del sueño es privarlo de la fase en la que el cerebro consolida lo aprendido. Una neurodidáctica sería tomaría decisiones en consecuencia, tanto sobre los horarios escolares como sobre los hábitos familiares de descanso, sobre todo en el paso de la primaria a la secundaria, donde la tensión entre el reloj biológico del adolescente y el horario escolar tradicional es máxima.

5.7 La metacognición y el aprender a aprender

La metacognición es la capacidad de monitorear el propio pensamiento, reconocer lo que se sabe y lo que no, planear estrategias y autorregular el proceso de aprendizaje. Dunlosky y colaboradores (2013) demostraron que las técnicas de aprendizaje más eficaces son precisamente aquellas que exigen al estudiante metacognición activa: distribuir el estudio, autoevaluarse y espaciar la práctica. La neurodidáctica vincula esta capacidad con la maduración de la corteza prefrontal, que continúa desarrollándose hasta cerca de los veinticinco años, y la propone como uno de los grandes objetivos de la educación contemporánea. Aprender a aprender no es un lema institucional: es una habilidad neural entrenable, con un sustrato biológico identificable y con técnicas didácticas concretas para cultivarla desde el preescolar.

5.8 El movimiento, el cuerpo y la cognición encarnada

El cerebro no aprende por separado del cuerpo. Barsalou (2008) y Glenberg (2010) han sintetizado dos décadas de evidencia sobre la cognición encarnada, según la cual el conocimiento conceptual se construye a partir de simulaciones sensoriomotoras del cuerpo en el mundo. Comprender el concepto de “agarrar”

activa, parcialmente, los mismos circuitos motores que se activan al agarrar un objeto. La actividad física moderada favorece, además, la liberación de factores neurotróficos —como el BDNF— que promueven el crecimiento de las conexiones neuronales. El movimiento, la manipulación de objetos y la experiencia sensorial directa son aliados del aprendizaje, especialmente en la primera infancia. Una clase de seis horas, sentados y sin moverse, trabaja activamente en contra de la biología del aprendiz. En la educación inicial este componente es decisivo, y volveré a él en la sección aplicada.

5.9 La vigilancia epistemológica frente a los neuromitos

Una de las funciones más útiles de la neurodidáctica como campo es la depuración de los neuromitos. Por neuromito se entiende una creencia falsa con apariencia científica que circula en el ámbito escolar y se reproduce en programas de formación docente, materiales editoriales y currículos. Dekker, Lee, Howard-Jones y Jolles (2012) publicaron en *Frontiers in Psychology* el estudio fundacional sobre prevalencia de neuromitos en docentes del Reino Unido y los Países Bajos, y demostraron que incluso profesores interesados en la neurociencia sostenían un porcentaje sorprendentemente alto de creencias erróneas. La revisión sistemática de Torrijos-Muelas, González-Víllora y Bodoque-Osma (2021), también en *Frontiers in Psychology*, mostró que, doce años después, esos mitos no solo persisten, sino que en algunos contextos han ganado tracción.

En el mundo iberoamericano la evidencia es todavía más concluyente. Ávila-Toscano y colaboradores (2022) reportaron, en un estudio con 308 docentes colombianos en servicio, que el 99,36 % de la muestra sostenía al menos un neuromito; predominaban las creencias erróneas sobre la dominancia hemisférica, los estilos de aprendizaje rígidos y la estimulación temprana malentendida. Maureira Cid y colaboradores (2021) confirmaron, en estudiantes chilenos de Pedagogía en Educación Física, una prevalencia superior al 90 % de mitos como los estilos de aprendizaje VAK, los efectos casi mágicos de los “entornos enriquecidos” en preescolar y los ejercicios de coordinación cruzada para lograr “integración hemisférica”. Los más extendidos siguen siendo cuatro: los estilos de aprendizaje rígidos (visual, auditivo, kinestésico) tratados como categorías excluyentes; la división tajante entre el hemisferio izquierdo lógico y el hemisferio derecho creativo; la idea de que solo usamos el 10 % del cerebro; y la creencia de que los “entornos enriquecidos” producen genios. La neurodidáctica, en este punto, cumple un papel que ninguna otra disciplina del ecosistema neuroeducativo ejerce con la misma rigurosidad: identifica el mito, lo confronta con la evidencia y propone, en su lugar, prácticas didácticas verificables (Tokuhama-Espinosa, 2018; De Bruyckere, Kirschner y Hulshof, 2015).

6. Diálogo con los críticos y límites del campo

El argumento a favor de la neurodidáctica no se sostiene si elude a sus críticos. El más antiguo sigue siendo John Bruer (1997), quien en su célebre artículo *Education and the brain: A bridge too far* advirtió que entre la neurociencia básica y la práctica de aula existe un puente demasiado largo, en el sentido de que muchos hallazgos neurocientíficos no permiten, por sí solos, derivar prescripciones didácticas válidas. Bruer no negaba la utilidad de la neurociencia para la educación; negaba que esa utilidad fuera directa y obvia. La distinción importa, porque distintas lecturas posteriores radicalizaron su crítica para descalificar todo el campo, mientras que el propio Bruer dejaba abierto el espacio para una mediación que llegaría con la neurodidáctica y la neuroeducación.

Usha Goswami (2006), en *Nature Reviews Neuroscience*, retomó la crítica desde una perspectiva distinta. Su preocupación era que muchas de las pretensiones de la “educación basada en el cerebro” carecían entonces de evidencia experimental sólida en contextos escolares reales. Goswami insistió en que la traducción didáctica responsable exige investigación específica en aula, no extrapolación de estudios de laboratorio. Su llamado fue oído de manera desigual. En lectoescritura y en aprendizaje numérico ha habido producción empírica seria en las dos décadas siguientes; en otras áreas, la brecha persiste.

Paul Howard-Jones (2014), también en *Nature Reviews Neuroscience*, actualizó la crítica con un enfoque específico: los neuromitos comerciales. Su artículo, “Neuroscience and education: Myths and messages”, mostró que la educación debe protegerse activamente de los programas comerciales que invocan al cerebro sin sustento científico y de las extrapolaciones apresuradas. Howard-Jones, que es a la vez investigador del campo y crítico de sus excesos, encarna la figura del autocrítico interno: defiende la legitimidad de la neuroeducación mientras la audita.

Una crítica más dura y reciente proviene de Jeffrey Bowers (2016), quien en *Psychological Review* sostuvo que la “neurociencia educativa”, como campo, no ha producido aportes prácticos que no pudieran derivarse de la psicología cognitiva sin recurrir al cerebro. Bowers no rechaza los hallazgos neurocientíficos; rechaza la pretensión de que el conocimiento sobre el cerebro aporte algo distintivo a lo que la psicología del aprendizaje ya enseña. Su argumento es serio y obliga a la neurodidáctica a precisar dónde radica su valor agregado. En mi lectura, ese valor reside en la capacidad de articular, desde una misma matriz disciplinar, el sustrato biológico, los hallazgos cognitivos y la mediación didáctica, una articulación que la psicología cognitiva, por sí sola, no logra cuando entra al aula iberoamericana real.

A esto se suma el trabajo de De Bruyckere, Kirschner y Hulshof (2015) sobre los mitos urbanos en educación, que documenta de manera sistemática cómo creencias falsas sobre el aprendizaje circulan en el discurso pedagógico y se reproducen en la formación docente. Y Sala y Gobet (2017) han mostrado, mediante un metaanálisis, que muchas promesas de “transferencia lejana” del aprendizaje cognitivo —es decir, la idea de que entrenar una habilidad en un dominio mejora el rendimiento en otros dominios— carecen de evidencia robusta. Su contribución es valiosa para la neurodidáctica, porque le ahorra a los maestros invertir tiempo y recursos en programas con bases más promocionales que empíricas.

Reconocer estas críticas no debilita la neurodidáctica: la disciplina. Una neurodidáctica honesta admite tres límites que el campo todavía no ha resuelto del todo. Primero, una parte significativa de los hallazgos neurocientíficos sigue proveniente de laboratorios y no de aulas, lo que exige investigación didáctica adicional para validar su transferencia. Segundo, la disciplina produce todavía más propuestas teóricas que estudios empíricos longitudinales en escuelas: el campo conoce la dirección, pero le faltan datos de seguimiento que confirmen, por ejemplo, qué tipos de prácticas espaciadas funcionan mejor en cada grado escolar y en cada área del currículo. Tercero, el mercado editorial y de formación docente está saturado de productos que invocan al cerebro sin verificación, lo que obliga al campo a una tarea continua de higiene epistemológica. La neurodidáctica, por su naturaleza aplicada, es la disciplina mejor situada para esa vigilancia, pero también la más expuesta al riesgo de cooptación comercial. Cualquier maestro que haya recibido un curso de “técnicas neurodidácticas” en formación continua sabe a qué me refiero.

Asumir las críticas no debilita el proyecto; lo fortalece. Lo que se gana cuando un campo dialoga con sus mejores críticos es la posibilidad de distinguir, dentro de su propia producción, lo verificado de lo pretendido, lo aplicado de lo declamado, y lo que sirve a un maestro real de lo que solo decora una formación docente.

7. La neurodidáctica en el aula: aplicaciones para la educación inicial y la básica primaria

Hasta aquí el artículo ha trabajado en el plano conceptual: ha situado la neurodidáctica dentro del ecosistema neuroeducativo, la ha definido, ha precisado sus componentes y ha dialogado con sus críticos. Pero una neurodidáctica que se queda en el plano conceptual no es neurodidáctica. Como sostuve al inicio, lo esencial del campo es su carácter aplicado: solo se valida si llega al aula y produce decisiones verificables. Esta sección desarrolla seis aplicaciones concretas. Cada una está construida sobre un mismo esqueleto: el principio neurodidáctico que opera, los componentes cerebrales que se activan, una secuencia didáctica de cinco momentos pensada para implementarse mañana mismo en un aula iberoamericana real, la evidencia primaria que la sustenta y el pilar de los Cuatro Pilares y Ocho Saberes al que sirve. He elegido seis contextos: la educación inicial (3 a 5 años) y las cinco áreas centrales de la educación básica primaria —ciencias naturales, ciencias sociales, matemáticas, lengua castellana y educación artística—. Los ejemplos no son exhaustivos; son ilustrativos. Funcionan como un modelo replicable para cualquier otra unidad didáctica.

7.1 Educación inicial (3 a 5 años): el descubrimiento del agua

Principio. El cerebro de un niño en edad preescolar aprende fundamentalmente a través del cuerpo, del vínculo afectivo y del juego con sentido. La plasticidad sináptica es máxima en este período (Pascual-Leone, Amedi, Fregni y Merabet, 2005), lo que convierte cada experiencia significativa en una huella estructural duradera. Una propuesta neurodidáctica para esta etapa no parte del contenido a transmitir, sino del cuerpo que aprende y del vínculo que sostiene ese aprendizaje.

Componentes activados. Plasticidad cerebral, cognición encarnada, emoción positiva, curiosidad y vínculo afectivo.

Secuencia didáctica. Tema: las transformaciones del agua. Tiempo total: 45 minutos.

- *Momento 1 — Ronda de bienvenida (5 minutos).* La docente recibe a los niños con una breve canción sobre el agua, los abraza individualmente y los invita a sentarse en círculo. Este momento parece menor, pero no lo es: el cerebro de un niño de cuatro años necesita seguridad afectiva antes de activar la curiosidad. Sin vínculo, no hay aprendizaje (LaBar y Cabeza, 2006).
- *Momento 2 — Caja sensorial (10 minutos).* En el centro del círculo, una caja con agua tibia, cubos de hielo, esponjas, una jarra, objetos que flotan y objetos que se hunden. La docente no explica nada todavía. Solo invita a tocar, oler, sentir.
- *Momento 3 — Pregunta provocadora (5 minutos).* La docente sostiene un cubo de hielo en una mano y un vaso de agua en la otra. “¿Esto y esto son la misma cosa?”. Recoge las hipótesis sin corregir. Aquí se activa el circuito dopaminérgico de la curiosidad (Gruber, Gelman y Ranganath, 2014).
- *Momento 4 — Experimentación libre (15 minutos).* Los niños prueban hacer flotar y hundir, separan los hielos, observan cómo se derriten en sus manos, comparan sensaciones. La docente acompaña con preguntas abiertas: “¿qué sientes en la mano?”, “¿qué crees que pasa?”.
- *Momento 5 — Ronda de cierre (10 minutos).* Cada niño dibuja “lo que descubrió hoy sobre el agua” y lo cuenta brevemente. La consolidación se realiza mediante la verbalización, el dibujo y la palabra; los tres canales activan circuitos distintos que se refuerzan entre sí.

Pilar al que sirve. Comprender (saber conocer y saber hacer) y Desarrollo Humano (saber sentir).

7.2 Ciencias naturales (básica primaria): el ciclo del agua

Principio. La curiosidad anticipa la atención. Si la información llega al cerebro tras una pregunta que el propio estudiante se ha formulado, su codificación es más profunda y su consolidación posterior, más estable (Gruber et al., 2014). En ciencias naturales, donde la tentación pedagógica clásica es explicar primero y experimentar después, la neurodidáctica recomienda invertir la secuencia.

Componentes activados. Curiosidad, atención focalizada, memoria episódica, recuperación activa y práctica espaciada.

Secuencia didáctica. Tema: el ciclo del agua en cuarto de primaria. Tiempo: 45 minutos en clase + 5 minutos en la siguiente clase.

- *Momento 1 — Pregunta abierta (7 minutos).* La docente coloca un vaso de agua sobre la mesa y pregunta: “Si dejo este vaso aquí durante una semana, ¿qué pasa con el agua? ¿A dónde se va?”. Recoge las hipótesis en el tablero sin juzgar. Los niños proponen explicaciones —se la toman las hormigas, se convierte en aire, baja por la mesa—.
- *Momento 2 — Experimento (15 minutos).* La docente trae dos vasos del día anterior: uno tapado y otro destapado, ambos al sol. Los compara delante de la clase. La discrepancia entre las hipótesis y la observación constituye el momento didáctico clave.
- *Momento 3 — Construcción del concepto (10 minutos).* Ahora sí, la docente introduce los términos — evaporación, condensación, precipitación— en el esquema que los propios niños han comenzado a construir.
- *Momento 4 — Recuperación activa (5 minutos).* Cuadernos cerrados. Tres preguntas orales. Cada niño dice lo que recuerda. Esta práctica de evocación, según Roediger y Karpicke (2006), produce una retención significativamente superior a la del repaso pasivo.
- *Momento 5 — Espaciamiento (5 minutos al inicio de la clase siguiente, 24 horas después).* La docente vuelve a plantear las mismas tres preguntas. La práctica espaciada favorece la consolidación a largo plazo (Dunlosky et al., 2013).

Pilar al que sirve. Comprender (saber conocer) y Pensar (saber razonar).

7.3 Ciencias sociales (básica primaria): la independencia de Colombia desde una ventana

Principio. La memoria episódica se consolida mejor cuando el contenido está cargado emocionalmente y articulado en forma narrativa (LaBar y Cabeza, 2006). Las ciencias sociales, que tradicionalmente se enseñan como listas de fechas, batallas y héroes, pueden reorganizarse en historias humanas concretas. El cerebro recuerda lo que siente; recuerda peor lo que solo le enuncian.

Componentes activados. Emoción, memoria episódica, atención sostenida, perspectiva afectiva y empatía cognitiva.

Secuencia didáctica. Tema: la independencia de Colombia, 5° de primaria. Tiempo: 60 minutos.

- *Momento 1 — Personaje cotidiano (10 minutos).* En lugar de empezar por Bolívar o Nariño, el docente presenta a una mujer ficticia pero plausible: María Antonia, madre de tres hijos, que vivía en Cartagena en 1810 y veía pasar a los soldados desde su ventana. Foto, edad, oficio. El relato encarna la historia.

- *Momento 2 — Lectura dramatizada (15 minutos)*. El docente lee un “diario” breve atribuido al personaje, que entreteje los hechos históricos con su vida íntima. La prosodia, los silencios, el cambio de voz, son parte de la propuesta.
- *Momento 3 — Discusión empática (15 minutos)*. ¿Qué habrías sentido si vivieras en esa ventana? ¿A quién habrías protegido? ¿Qué habrías decidido? No hay respuestas correctas, hay perspectivas. El docente registra las posiciones en el tablero.
- *Momento 4 — Contextualización histórica (15 minutos)*. Ahora sí, mapa, línea de tiempo, hechos verificados. La estructura histórica entra en juego cuando ya existe un anclaje emocional al que adherirse.
- *Momento 5 — Escritura breve (5 minutos)*. “Si yo hubiera vivido en 1810...” Tres líneas. Esta tarea consolida el contenido mediante la apropiación personal.

Pilar al que sirve. Comprender (saber conocer) y Desarrollo Humano (saber sentir).

7.4 Matemáticas (básica primaria): las tablas de multiplicar y el clima emocional del aula

Principio. El aprendizaje matemático es, hasta cierto punto, un problema de memoria operativa y de consolidación. Las tablas de multiplicar son el ejemplo más nítido: cinco minutos diarios distribuidos a lo largo de cuatro semanas producen una retención superior a la de una hora concentrada una vez a la semana (Dunlosky et al., 2013). Pero existe un segundo componente que la pedagogía tradicional ha subestimado: el clima emocional. La ansiedad matemática deteriora el rendimiento porque activa circuitos amigdalinos que compiten con los circuitos de cálculo y de memoria de trabajo en la corteza prefrontal.

Componentes activados. Memoria, recuperación activa, práctica espaciada, regulación emocional y metacognición.

Secuencia didáctica. Tema: las tablas del 4 al 9 en tercero de primaria. Programa: cuatro semanas.

- *Momento 1 — Micro-sesión diaria (5 minutos al inicio de cada clase)*. La docente lanza preguntas rápidas, no escritas, a estudiantes específicos. “Daniela, ¿cuánto es seis por cuatro?”. Si Daniela duda, otro estudiante completa. No se castiga el error; se redirige.
- *Momento 2 — Pregunta cruzada entre estudiantes (5 minutos)*. Por parejas, un niño le pregunta al otro tres operaciones; luego invierten roles. La acción de recuperar la información del propio cerebro consolida más que la de escucharla del docente.
- *Momento 3 — Movimiento corporal (5 minutos)*. Juego de palmas o de saltos asociados a las tablas. La cognición encarnada (Barsalou, 2008; Glenberg, 2010) ancla la memoria numérica en el cuerpo, lo cual resulta especialmente útil en niños de tercero, en quienes la abstracción aún no es estable.
- *Momento 4 — Aplicación contextual (10 minutos)*. Un problema concreto: “tengo 4 paquetes de 7 caramelos, ¿cuántos tengo en total?”. La operación matemática se valida en una situación con sentido.
- *Momento 5 — Autoevaluación metacognitiva (5 minutos al final de la semana)*. Cada estudiante marca, en una hoja, cuáles tablas se sabe seguras, cuáles duda y cuáles no se sabe. Esta autoevaluación entrena el monitoreo del propio aprendizaje, una de las funciones ejecutivas que la corteza prefrontal madura lentamente a lo largo de primaria y secundaria.

Pilar al que sirve. Pensar (saber razonar y evaluarse).

7.5 Lengua castellana (básica primaria): la lectura en voz alta con prosodia

Principio. El lenguaje no se procesa únicamente en circuitos lingüísticos. Cuando un niño lee en voz alta con entonación adecuada, activa simultáneamente la corteza motora (que controla los músculos fonatorios), la corteza auditiva (que procesa el sonido producido), las áreas emocionales (que dan un tono afectivo a lo leído) y los circuitos semánticos (que extraen el significado). La cognición encarnada (Barsalou, 2008; Glenberg, 2010) sostiene que esta multiplicidad de circuitos no es ruido: es lo que hace que la comprensión sea profunda. Leer en silencio, sin cuerpo, sin entonación, sin respiración consciente, es leer con menos cerebro.

Componentes activados. Cognición encarnada, atención, emoción, memoria y autorregulación.

Secuencia didáctica. Tema: lectura compartida de un cuento corto en segundo de primaria. Tiempo: 45 minutos.

- *Momento 1 — Lectura del modelo del docente (10 minutos).* La docente lee el cuento con una prosodia exagerada. Marca cada signo de puntuación con la voz, hace pausas dramáticas, modula los personajes. No se trata de una actuación caricaturesca; se trata de mostrar cómo suena un texto cuando el lector lo entiende.
- *Momento 2 — Lectura en pares (10 minutos).* Un niño lee un fragmento, el otro escucha y le da retroalimentación: “esta parte me sonó triste”, “esta otra no se entendió bien”. El feedback emocional es más útil que el feedback técnico.
- *Momento 3 — Lectura coral del fragmento clave (5 minutos).* Toda la clase lee a la vez el párrafo más intenso del cuento. La sincronía vocal genera una experiencia colectiva que ancla emocionalmente el contenido.
- *Momento 4 — Conversación abierta (15 minutos).* ¿Qué les pasó al leer ese fragmento? ¿Cuál fue el momento que más recuerdan? Las respuestas no se evalúan; se acogen.
- *Momento 5 — Dramatización breve (5 minutos).* Dos o tres estudiantes representan el momento clave. El cuerpo entra al texto.

Pilar al que sirve. Comprender (saber conocer y saber hacer) y Desarrollo Humano (saber sentir).

7.6 Educación artística (básica primaria): el error como punto de partida

Principio. La creatividad requiere tolerancia al error, y la tolerancia al error requiere seguridad emocional. La amígdala, cuando detecta una amenaza —incluida la amenaza social del juicio del compañero o del profesor—, inhibe los circuitos prefrontales asociados a la flexibilidad cognitiva. Un aula de educación artística que evalúa por aproximación a un modelo “correcto” desactiva, sin saberlo, los mismos circuitos que pretende cultivar. La neurodidáctica, en el arte, propone lo contrario: convertir el error en material plástico y hacer del riesgo un valor pedagógico (Gruber et al., 2014; LaBar y Cabeza, 2006).

Componentes activados. Emoción positiva (seguridad), curiosidad, plasticidad, cognición encarnada y metacognición creativa.

Secuencia didáctica. Tema: taller de pintura no figurativa en cuarto de primaria. Tiempo: 60 minutos.

- *Momento 1 — Encuentro con la obra (10 minutos).* La docente proyecta una obra abstracta —un Kandinsky, un Tapes, una Beatriz González en su vertiente no figurativa—. No pregunta “qué representa”. Pregunta: “¿Qué sintieron al verla?”. El registro emocional precede al cognitivo.

- *Momento 2 — Pacto de aula (5 minutos)*. La docente formula explícitamente el pacto: “Aquí no hay errores en el arte. Cualquier mancha que aparezca es un punto de partida, no un fracaso”. Este pacto, dicho en voz alta y recordado cuantas veces sea necesario, reconfigura el clima emocional del taller.
- *Momento 3 — Experimentación con técnicas mixtas (25 minutos)*. Acuarela, pastel, recortes, líneas con esponja. Sin tema impuesto. La docente acompaña con preguntas que no juzgan: “¿qué te pasó cuando esa mancha se corrió?”, “¿qué quieres hacer ahora con eso?”.
- *Momento 4 — Galería breve (15 minutos)*. Cada niño expone su obra al resto y cuenta, en una frase, qué descubrió al pintar. No defiende, no justifica. Cuenta.
- *Momento 5 — Autoevaluación creativa (5 minutos)*. Cada niño responde en su cuaderno: “¿Qué riesgo tomé hoy que no había tomado antes?”. Esta pregunta entrena la metacognición creativa, que es el corazón del pilar Innovar.

Pilar al que sirve. Innovar (saber idear y saber prototipar) y Desarrollo Humano (saber sentir).

7.7 Cierre de la sección aplicada

Las seis aplicaciones que acabo de presentar comparten un mismo movimiento estructural: empezar por la pregunta o por la emoción, dejar que la experiencia preceda a la explicación, distribuir la consolidación en el tiempo, hacer del cuerpo un aliado del aprendizaje y cerrar con un momento de metacognición que devuelva al estudiante el control sobre su propio proceso. Ese movimiento no es una receta; es una arquitectura. Puede adaptarse a otras áreas —educación física, segunda lengua, ética, tecnología— y a otros niveles —preescolar maternal, secundaria, formación de docentes—. Lo que se conserva, en todos los casos, es la idea de que el conocimiento sobre el cerebro debe llegar al aula como una decisión didáctica concreta, no como un discurso sobre el cerebro. Cuando llega así, deja de ser neurociencia ilustrada y pasa a ser neurodidáctica aplicada. Esa es la línea que, en mi lectura, separa el campo serio del de la moda.

8. La neurodidáctica al servicio de los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI

La sección anterior expuso seis aplicaciones neurodidácticas concretas. Cada una está pensada para resolver, en un aula real, un problema didáctico específico. Pero las aplicaciones aisladas, por bien diseñadas que estén, corren el riesgo de quedarse en el inventario de buenas prácticas. Lo que les da sentido es un horizonte pedagógico que las articule. Ese horizonte, en mi propuesta, lo provee el marco de los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI, formulado inicialmente en Pedagogía de la humanización en la educación inicial (Romero Ibáñez, 2008) y profundizado en publicaciones posteriores. Este apartado expone ese marco, declara su deuda con la formulación clásica de Jacques Delors (1996) y muestra cómo cada pilar se sustenta en componentes neurodidácticos identificables y se materializa en aplicaciones verificables.

8.1 Antecedente: los pilares de Delors (1996)

En 1996, la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI, presidida por Jacques Delors, publicó para la UNESCO el informe *La educación encierra un tesoro*, en el que propuso cuatro pilares como horizonte de la educación contemporánea: aprender a conocer, aprender a hacer, aprender a vivir juntos y aprender a ser. La propuesta de Delors fue, en su momento, un punto de inflexión: sacó a la educación de

la lógica exclusivamente instrumental de “transmitir contenidos” y la situó en un horizonte humanista más amplio, que incluía la convivencia y el ser. Tres décadas después, esa formulación sigue siendo la referencia obligada para cualquier marco pedagógico que aspire a integralidad.

La propuesta que aquí presento dialoga con Delors, le reconoce su filiación y, al mismo tiempo, busca profundizarlo en una dirección que el informe de 1996 no podía anticipar: la articulación con lo que la investigación cerebral de las últimas tres décadas ha aportado sobre cómo aprende el ser humano. Donde Delors describe procesos generales del aprendizaje a lo largo de la vida, los Cuatro Pilares y Ocho Saberes desglosan cada pilar en dos saberes verificables, los vinculan con componentes neurodidácticos identificables y los ponen al servicio del diseño concreto de talleres, la escolares y aplicaciones educativas. El marco resultante es más fino, más operativo y más auditable, sin perder la inspiración humanista del antecedente.

8.2 Los Cuatro Pilares y Ocho Saberes

Los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI se enuncian así:

- **Comprender** = saber conocer + saber hacer.
- **Pensar** = saber razonar + saber evaluar y autorregularse.
- **Innovar** = saber idear + saber prototipar y validar.
- **Desarrollo Humano** = saber ser + saber sentir.

Cada pilar nombra un derecho mínimo del aprendiz contemporáneo. Comprender es el derecho a apropiarse del mundo mediante el conocimiento significativo y la acción competente. Pensar es el derecho a razonar de manera autónoma y a monitorear el propio proceso. Innovar es el derecho a producir lo nuevo, a equivocarse productivamente y a validar lo creado. Desarrollo Humano es el derecho a ser una persona integral, capaz de sentir y de hacerse responsable de lo que siente. Cada pilar se realiza en dos saberes complementarios, lo que evita la abstracción y obliga a verificar en aula su cumplimiento.

8.3 Cómo dialoga cada pilar con la neurodidáctica

Comprender se sostiene, en términos neurodidácticos, sobre los componentes de atención focalizada, codificación significativa y la consolidación de la memoria. La pregunta abierta con la que abre la clase de ciencias naturales del 7.2 activa el circuito de la curiosidad (Gruber et al., 2014) y, con él, prepara las redes que codificarán el contenido. La práctica espaciada y la recuperación activa (Roediger y Karpicke, 2006; Dunlosky et al., 2013) consolidan ese contenido más allá de la sesión. La narrativa empática del 7.3 ancla el conocimiento histórico en circuitos amigdalino-hipocampales que protegen el trazo mnésico (LaBar y Cabeza, 2006). Comprender, desde la neurodidáctica, no es repetir el contenido: es transformarlo en huella estable.

Pensar se vincula con la metacognición y con la maduración de la corteza prefrontal. Las técnicas de autoevaluación matemática del 7.4 —marcar qué se sabe seguro, qué se duda, qué no se sabe— entrenan justamente la función ejecutiva de monitoreo del propio aprendizaje, una capacidad que la corteza prefrontal va consolidando lentamente desde la primaria hasta cerca de los veinticinco años (Dunlosky et al., 2013). El pensamiento crítico no es un contenido que se enseña; es una arquitectura cognitiva que se entrena, y la neurodidáctica provee las técnicas para ese entrenamiento.

Innovar requiere curiosidad, flexibilidad cognitiva y tolerancia al error. Ninguna de las tres florece en climas de evaluación punitiva. El taller artístico del 7.6 mostró el mecanismo con claridad: cuando la

amígdala detecta amenaza social, inhibe los circuitos prefrontales asociados a la flexibilidad. El “pacto de aula” que la docente formula al inicio del taller no es retórica; es una intervención neuroquímica concreta. Innovar, en términos neurodidácticos, exige climas emocionales seguros y prácticas que conviertan el error en material productivo (Gruber et al., 2014; LaBar y Cabeza, 2006).

Desarrollo Humano descansa sobre tres pilares cerebrales que la educación tradicional descuidó durante mucho tiempo: la regulación emocional, la empatía cognitiva y la conciencia corporal. La ronda de bienvenida con vínculo afectivo en educación inicial (7.1), la conversación empática sobre cómo se sintió María Antonia en 1810 (7.3) y la lectura coral con prosodia (7.5) no son recursos accesorios: son momentos didácticos donde el cerebro del estudiante recibe permiso para ser una persona completa, con cuerpo, con emoción y con vínculo. Sin Desarrollo Humano, los otros tres pilares se quedan en operaciones cognitivas; con él, se vuelven educación.

8.4 Mapa de articulación Pilar ↔ Componente ↔ Aplicación

El siguiente cuadro condensa la articulación de manera operativa, en términos que un diseñador de unidades didácticas puede utilizar directamente.

Cuadro 2. Mapa Pilar ↔ Componente neurodidáctico ↔ Aplicación

Pilar	Saberes	Componentes neurodidácticos principales	Aplicaciones de la sección 7
Comprender	Saber conocer; Saber hacer	Atención focal, curiosidad, codificación significativa, consolidación de la memoria, recuperación activa, práctica espaciada	7.1 Educación inicial (agua); 7.2 Ciencias naturales (ciclo del agua); 7.3 Ciencias sociales (independencia); 7.5 Lengua castellana (lectura en voz alta)
Pensar	Saber razonar; Saber evaluar y autorregularse	Metacognición, función ejecutiva, monitoreo del aprendizaje, regulación atencional	7.2 Ciencias naturales (recuperación activa); 7.4 Matemáticas (autoevaluación de tablas)
Innovar	Saber idear; Saber prototipar y validar	Curiosidad, flexibilidad cognitiva, tolerancia al error, clima emocional seguro	7.6 Educación artística (pintura no figurativa); 7.2 Ciencias naturales (hipótesis libres)
Desarrollo Humano	Saber ser; Saber sentir	Vínculo afectivo, regulación emocional, empatía cognitiva, cognición encarnada	7.1 Educación inicial (ronda afectiva); 7.3 Ciencias sociales (empatía histórica); 7.5 Lengua castellana (lectura con cuerpo); 7.6 Educación artística (pacto emocional)

Nota. La superposición entre filas no es un defecto del cuadro: es una característica del aula real. Una buena secuencia didáctica activa varios pilares simultáneamente, porque el cerebro no aprende por compartimentos.

8.5 Lo que la articulación aporta

La articulación entre los Cuatro Pilares y la neurodidáctica produce dos efectos que conviene explicitar. El primero es de naturaleza operativa: convierte una formulación pedagógica en un conjunto de decisiones didácticas verificables. Cuando un docente sabe que el pilar Comprender se sostiene sobre prácticas espaciadas y recuperación activa, deja de planificar sus clases con base en intuición o en costumbre y

empieza a diseñar con base en evidencia. El segundo efecto es de naturaleza ética: hace visible que cada decisión didáctica modifica el cerebro del estudiante. Un maestro que ignora esto puede, sin proponérselo, fortalecer circuitos de ansiedad matemática, debilitar la curiosidad o erosionar la autoestima académica. Un maestro que lo sabe está obligado, por la propia evidencia, a una responsabilidad pedagógica más alta.

Aquí conviene una matización honesta. La articulación entre los Cuatro Pilares y la neurodidáctica no es, por ahora, una teoría empíricamente validada en estudios longitudinales con grupos control. Es un marco propositivo, sostenido en la coherencia entre componentes neurodidácticos bien establecidos y aplicaciones didácticas razonables. La agenda pendiente del campo —que retomaré en las conclusiones— incluye precisamente la validación empírica de esta y otras articulaciones similares en aulas iberoamericanas reales. Reconocer ese límite no debilita la propuesta; la sitúa en su lugar epistemológico correcto: una neurodidáctica honesta es a la vez programa de investigación y práctica de aula.

9. Conclusiones

La neurodidáctica nació hacia 1984 como interés académico de Gerhard Preiß en la Pädagogische Hochschule Freiburg, se formalizó en 1988 como propuesta institucional, ingresó en publicación impresa en 1993 y se sistematizó como monografía en 1996. Casi cuatro décadas después, el campo cuenta con representantes sólidos en Europa y América Latina, un cuerpo creciente de evidencia y un conjunto definido de componentes operativos: emoción, curiosidad, atención, memoria, plasticidad, sueño, metacognición, cognición encarnada y vigilancia frente a los neuromitos. Cada uno de esos componentes tiene literatura primaria que lo respalda y se puede traducir en decisiones didácticas concretas.

A lo largo de este artículo he sostenido tres tesis articuladas. La primera es que la neurodidáctica no se opone a la neurociencia: la presupone. Forma parte de un ecosistema neuro-educativo de cuatro campos —neurociencia, neuroeducación, neuropedagogía y neurodidáctica— donde cada uno cumple una función específica y donde la neurodidáctica ocupa el lugar de la disciplina aplicada que llega al aula. La segunda tesis es que asumir las críticas serias del campo, desde Bruer (1997) hasta Bowers (2016), no debilita la propuesta sino que la depura. Una neurodidáctica honesta admite los tres límites que aún arrastra: la brecha entre laboratorio y aula, la escasez de estudios longitudinales en escuelas reales y la saturación del mercado por productos sin validación. La tercera tesis es que la neurodidáctica se vuelve operacionalmente útil cuando se articula con un marco pedagógico que la oriente. Los Cuatro Pilares y Ocho Saberes (Comprender, Pensar, Innovar y Desarrollo Humano), que dialogan con Delors (1996) y profundizan su horizonte, son la articulación que aquí propongo: dan a la neurodidáctica un sentido educativo y a los pilares un sustrato verificable.

Para quienes diseñamos textos escolares, planeamos talleres y construimos aplicaciones educativas en el contexto iberoamericano, la neurodidáctica no es un lujo académico ni una moda más. Es la disciplina que permite tomar decisiones fundamentadas en evidencia y verificables en aula, frente a una realidad regional donde más del 90 % de los docentes en formación y en servicio sostienen neuromitos comprobados (Ávila-Toscano et al., 2022; Maureira Cid et al., 2021; Torrijos-Muelas et al., 2021). La urgencia es doble: producir didáctica con base científica y depurar la formación docente de creencias que no resisten la evidencia. La neurodidáctica, articulada con los Cuatro Pilares y Ocho Saberes, abre un camino concreto hacia esa doble tarea.

10. Agenda de investigación

El campo tiene por delante una agenda específica que conviene declarar. La identifico en cuatro frentes:

Validación empírica longitudinal. La articulación entre los Cuatro Pilares y los componentes neurodidácticos requiere estudios longitudinales en aulas iberoamericanas reales, con grupos control y mediciones repetidas. La hipótesis a probar es que las secuencias didácticas diseñadas según el marco producen mejores resultados de aprendizaje, retención de largo plazo y bienestar escolar que las prácticas tradicionales. Esto exige asociaciones entre universidades, secretarías de educación y maestros de aula, una colaboración que en Colombia aún es incipiente.

Replicación de los estudios de prevalencia de neuromitos. Los datos disponibles para Colombia (Ávila-Toscano et al., 2022), Chile (Maureira Cid et al., 2021) y México son contundentes pero parciales. Falta un mapa regional sistemático que permita comparar prevalencias entre países, niveles educativos y áreas de formación docente. Sin ese mapa, las intervenciones de depuración seguirán siendo locales y discontinuas.

Neurodidáctica e inteligencia artificial generativa. Desde 2023, las aplicaciones educativas con base en modelos de lenguaje han transformado los entornos de aprendizaje. La neurodidáctica debe pronunciarse: qué hace una IA bien diseñada por las redes atencionales del estudiante; qué riesgos introduce para la consolidación mnésica; cómo afecta la metacognición. Es un frente abierto, sin literatura primaria todavía consolidada, y por eso urgente.

Educación inicial y neurodidáctica. La etapa de 0 a 6 años concentra la mayor plasticidad cerebral de la vida humana, y sin embargo es el nivel educativo con menos producción neurodidáctica iberoamericana propia. La investigación aplicada en jardines y preescolares colombianos es una prioridad regional.

11. Declaración metodológica y de transparencia editorial

Este artículo es una revisión narrativa con ejemplificación aplicada. No es un metaanálisis ni una revisión sistemática. Su objetivo es articular conceptualmente cuatro campos del ecosistema neuroeducativo, exponer los componentes operativos de la neurodidáctica, dialogar con sus críticos, presentar aplicaciones didácticas concretas para educación inicial y básica primaria, y conectar todo ello con el marco de los Cuatro Pilares y Ocho Saberes para la Educación del Siglo XXI.

Procedimiento de verificación bibliográfica. Las treinta y cuatro referencias que componen el aparato bibliográfico fueron verificadas en CrossRef y OpenAlex (referencias con DOI), en catálogos editoriales oficiales (libros con ISBN), en Dialnet y en repositorios institucionales (literatura iberoamericana). La verificación detectó una sola discrepancia menor en paginación —Goswami (2006)—, ya corregida en este texto. Ninguna referencia resultó fabricada. La cronología histórica del campo se contrastó con la entrada biográfica de Gerhard Preiß en Wikipedia alemana (con citas primarias), el lexikon especializado socialnet y el sitio biográfico del propio Preiß en Zahlenland, lo que permitió fijar las cuatro fechas relevantes (1984, 1988, 1993, 1996).

Sobre el uso de asistencia editorial. La redacción de este manuscrito se apoyó en herramientas asistidas por inteligencia artificial para tareas específicas de verificación bibliográfica, depuración estilística y revisión crítica. La autoría intelectual del texto —tesis, marco propositivo, articulación con los Cuatro Pilares y ejemplos didácticos— corresponde íntegramente al autor. Las herramientas se emplearon como

instrumentos de auditoría y refinamiento, no como redactores. Esta declaración sigue las prácticas recomendadas por COPE y por las directrices recientes sobre uso de IA en publicación científica.

Referencias

- Ávila-Toscano, J. H., Vargas-Delgado, L., Oquendo-González, K., Peñaloza-Torres, A., & Escobar-Pérez, G. (2022). Predictores de neuromitos y conocimientos generales sobre el cerebro en docentes colombianos. *Psychology, Society & Education, 14*(2), 20-28. <https://doi.org/10.21071/psy.v14i2.14369>
- Barsalou, L. W. (2008). Grounded cognition. *Annual Review of Psychology, 59*, 617-645. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>
- Battro, A. M., Fischer, K. W., & Léna, P. J. (Eds.). (2008). *The educated brain: Essays in neuroeducation*. Cambridge University Press.
- Bowers, J. S. (2016). The practical and principled problems with educational neuroscience. *Psychological Review, 123*(5), 600-612. <https://doi.org/10.1037/rev0000025>
- Bruer, J. T. (1997). Education and the brain: A bridge too far. *Educational Researcher, 26*(8), 4-16. <https://doi.org/10.3102/0013189X026008004>
- Bueno i Torrens, D. (2017). *Neurociencia para educadores: Todo lo que los educadores siempre han querido saber sobre el cerebro de sus alumnos y nunca nadie se ha atrevido a explicárselo de manera comprensible y útil*. Octaedro.
- Bueno i Torrens, D. (2019). *Neurociencia aplicada a la educación*. Síntesis.
- Bueno i Torrens, D. (2022). *El cerebro del adolescente*. Grijalbo.
- Bueno i Torrens, D. (2024). *Educa tu cerebro: Aprende cómo funciona y cómo optimizarlo para disfrutar de una vida más plena*. Grijalbo.
- Campos, A. L. (2010). Neuroeducación: Uniendo las neurociencias y la educación en la búsqueda del desarrollo humano. *La Educ@ción, 143*, 1-14. Organización de los Estados Americanos.
- Carskadon, M. A. (2011). Sleep in adolescents: The perfect storm. *Pediatric Clinics of North America, 58*(3), 637-647. <https://doi.org/10.1016/j.pcl.2011.03.003>
- De Bruyckere, P., Kirschner, P. A., & Hulshof, C. D. (2015). *Urban myths about learning and education*. Academic Press.
- Dekker, S., Lee, N. C., Howard-Jones, P., & Jolles, J. (2012). Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Frontiers in Psychology, 3*, 429. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2012.00429>
- Delors, J. (1996). *La educación encierra un tesoro: Informe a la UNESCO de la Comisión Internacional sobre la Educación para el Siglo XXI*. Santillana/UNESCO.
- Dunlosky, J., Rawson, K. A., Marsh, E. J., Nathan, M. J., & Willingham, D. T. (2013). Improving students' learning with effective learning techniques: Promising directions from cognitive and educational psychology. *Psychological Science in the Public Interest, 14*(1), 4-58. <https://doi.org/10.1177/1529100612453266>
- Forés Miravalles, A., & Ligoiz Vázquez, M. (2009). *Descubrir la neurodidáctica: Aprender desde, en y para la vida*. Editorial UOC.

- Friedrich, G., & Preiß, G. (2003). Neurodidaktik: Bausteine für eine Brückenbildung zwischen Hirnforschung und Didaktik. *Pädagogische Rundschau*, 57(2), 181-199.
- Glenberg, A. M. (2010). Embodiment as a unifying perspective for psychology. *WIREs Cognitive Science*, 1(4), 586-596. <https://doi.org/10.1002/wcs.55>
- Goswami, U. (2006). Neuroscience and education: From research to practice? *Nature Reviews Neuroscience*, 7(5), 406-413. <https://doi.org/10.1038/nrn1907>
- Gruber, M. J., Gelman, B. D., & Ranganath, C. (2014). States of curiosity modulate hippocampus-dependent learning via the dopaminergic circuit. *Neuron*, 84(2), 486-496. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.08.060>
- Howard-Jones, P. A. (2014). Neuroscience and education: Myths and messages. *Nature Reviews Neuroscience*, 15(12), 817-824. <https://doi.org/10.1038/nrn3817>
- LaBar, K. S., & Cabeza, R. (2006). Cognitive neuroscience of emotional memory. *Nature Reviews Neuroscience*, 7(1), 54-64. <https://doi.org/10.1038/nrn1825>
- Maguire, E. A., Gadian, D. G., Johnsrude, I. S., Good, C. D., Ashburner, J., Frackowiak, R. S. J., & Frith, C. D. (2000). Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8), 4398-4403. <https://doi.org/10.1073/pnas.070039597>
- Maureira Cid, F., Flores Ferro, E., Castillo Retamal, F., Cortés Cortés, M., Peña Troncoso, S., & Bahamonde Acevedo, V. (2021). Prevalencia de neuromitos en estudiantes de Pedagogía en Educación Física de Chile. *Retos*, 42, 426-433. <https://doi.org/10.47197/retos.v42i0.88204>
- Mora, F. (2022). *Neuroeducación: Solo se puede aprender aquello que se ama* (3.ª ed.). Alianza Editorial. (Trabajo original publicado en 2013).
- Pascual-Leone, A., Amedi, A., Fregni, F., & Merabet, L. B. (2005). The plastic human brain cortex. *Annual Review of Neuroscience*, 28, 377-401. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216>
- Paz Illescas, C. E., Acosta Gaibor, M. P., Bustamante Cruz, R. E., & Paz Sánchez, C. E. (2019). Neurociencia vs. neurodidáctica en la evolución académica en la educación superior. *Didasc@lia: Didáctica y Educación*, 10(1), 207-228.
- Preiss, G., & Friedrich, G. (2003). Neurodidáctica. *Mente y Cerebro*, 4, 39-45.
- Roediger, H. L., & Karpicke, J. D. (2006). Test-enhanced learning: Taking memory tests improves long-term retention. *Psychological Science*, 17(3), 249-255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>
- Romero Ibáñez, P. (Dir.). (2008). *Pedagogía de la humanización en la educación inicial: Cómo educar sin amenazar, sin castigar, sin humillar, sin deteriorar el tejido social*. Universidad de San Buenaventura, Facultad de Educación.
- Sala, G., & Gobet, F. (2017). Does far transfer exist? Negative evidence from chess, music, and working memory training. *Current Directions in Psychological Science*, 26(6), 515-520. <https://doi.org/10.1177/0963721417712760>

- Tokuhama-Espinosa, T. (2011). *Mind, brain, and education science: A comprehensive guide to the new brain-based teaching*. W. W. Norton.
- Tokuhama-Espinosa, T. (2018). *Neuromyths: Debunking false ideas about the brain*. W. W. Norton.
- Torrijos-Muelas, M., González-Villora, S., & Bodoque-Osma, A. R. (2021). The persistence of neuromyths in the educational settings: A systematic review. *Frontiers in Psychology, 11*, 591923. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.591923>