Neurociencias y Educación

¿Qué puede aportar la investigación en Neurociencias a la Educación?

Por Facundo Manes

Director de INECO (Instituto de Neurología Cognitiva) y del Instituto de Neurociencias de la Fundación Favaloro

fmanes@neurologiacognitiva.org

www. neurologiacognitiva.org

Introducción

Durante las últimas décadas, la investigación sobre el funcionamiento del cerebro humano ha incrementado el entendimiento de los procesos cognitivos fundamentales para la educación: aprendizaje, memoria, inteligencia y emoción. En este artículo reflexionaremos, cómo estos descubrimientos de la investigación en neurociencias cognitivas podrían tener implicación en las prácticas educacionales. La intersección de la biología y las ciencias cognitivas con la pedagogía se ha convertido en un nuevo foco en la educación y la política pública en los países desarrollados. Esta área es fuertemente interdisciplinaria, incluyendo no sólo la psicología, la pedagogía y la neurociencia, sino también la filosofía, la antropología, la lingüística, ciencias de la computación, y otras disciplinas pertinentes. Algunos de los más recientes hallazgos experimentales de las neurociencias cognitivas pueden ser interpretados o generalizados para sugerir posibles implicaciones para el aprendizaje, el desarrollo cognitivo y la pedagogía en escenarios educativos formales. Como apunta John Bruer (1994):

"Enviamos a nuestros hijos a la escuela a que aprendan cosas que deberían aprender sin instrucción formal para que puedan funcionar de modo más inteligente fuera de la escuela. De ser así, las recomendaciones para una reforma escolar deberían apelar explícitamente a implementar nuestro mejor y más actualizado entendimiento sobre lo que son el aprendizaje y la inteligencia. Esto es rara vez el caso en el debate público de la reforma escolar. Las recomendaciones comunes – elevar los estándares, incrementar la responsabilidad, testear más, crear mercados para servicios educacionales- están basados en el mejor sentido común y en la peor, más antigua y más ingenua concepción sobre el aprendizaje (p.273)".

Las neurociencias cognitivas podrían en lo teórico y **deberían en la práctica**, informar sobre nuestras concepciones sobre el aprendizaje. Vemos esto como la suma de un nivel de entendimiento del discurso educacional, hacia la creación holística de un marco de trabajo multidiciplianrio bio-psico-social y **no como una regresión a la concepción bio-determinante**.

Estudios científicos relevantes para la educación

Las herramientas utilizadas en el campo de las neurociencias cognitivas nos ofrecen grandes posibilidades para desarrollar estrategias a implementar en el área de educación, tales como la detección temprana de niños con necesidades educativas especiales, el monitoreo y la comparación de distintas modalidades de enseñanza en el aprendizaje, así como un mayor entendimiento de las diferencias individuales en el aprendizaje. A continuación se destacan algunos de los estudios recientes de las neurociencias que podrían contribuir a un mejor desarrollo del área educativa.

Lenguaje. Un estudio reciente hace hincapié en la genética que compartimos con los chimpancés: si bien el 98.5% de nuestros genomas son idénticos, lo cierto es que los humanos podemos hablar, a diferencia de los chimpancés. Pareciera ser, de acuerdo a este estudio, que nuestra capacidad lingüística se debe, en parte, a genes expresados *específicamente* en el cerebro. Uno de estos genes es el FOXP2, que está involucrado en la expresión de un severo desorden del desarrollo del habla y el lenguaje debido a una falta de control de movimientos fáciles y de la

boca. Las neurociencias también han demostrado la relación entre la afectación del *input* lingüístico (en pacientes sordos, por ejemplo) y la consecuente afectación del lenguaje. Desde una visión más anatómico-funcional, una gran cantidad de trabajos científicos han contribuido a localizar elementos básicos del lenguaje en nuestro cerebro, tales como el procesamiento gramático en las regiones más frontales del hemisferio izquierdo, o el procesamiento semántico y el aprendizaje activo de vocabulario en las áreas más posteriores y laterales. Algunos estudios han investigado, incluso, el efecto de la exposición tardía a idiomas de sintáctica irregular en la organización de redes lingüísticas en el cerebro, así como la eficacia de procesamiento de lenguaje en pacientes ciegos. De este modo, las neurociencias nos permitirán diseñar programas de aprendizaje de idiomas, tanto de primeras como segundas lenguas, basadas en las propiedades funcionales de las áreas cerebrales involucradas. Así, podremos maximizar la calidad y la eficiencia de los programas de enseñanza de idiomas.

Lectura. Estudios de neuroimágenes tanto en adultos como niños sugieren que los principales sistemas de lectura de textos alfabéticos están lateralizados al hemisferio izquierdo. Estos estudios típicamente miden respuestas cerebrales ante la exposición de palabras usando técnicas de resonancia magnética funcional. Otras áreas cerebrales han sido localizadas para algunos de los componentes más importantes del aprendizaje, incluyendo la zona occipito-parietal inferior para el procesamiento de propiedades visuales, forma de letras y ortografía, y la zona temporo-occipital, asociada a habilidades de lectura, un área que usualmente tiene activación disminuida en niños con dislexia. El campo de las neurociencias ha contribuido también al entendimiento del procesamiento fonológico, lo cual resulta de gran importancia en el área de la educación, especialmente en el tratamiento de niños disléxicos. En este sentido, las neurociencias han contribuido a comprender la importancia de una exposición cercana a la enseñanza de la lectoescritura, demostrando incluso las grandes diferencias que existen en la organización cerebral de personas adultas alfabetizadas y analfabetas.

Matemáticas. Con respecto a las matemáticas, las neurociencias cognitivas han comenzado a investigar más allá de los modelos cognitivos clásicos. Se ha argumentado que hay más de un sistema neural para la representación de números, y varios estudios apuntan que las mismas áreas cerebrales están involucradas en la comparación de cantidades, sin importar si se tratan de cifras

numéricas, cantidad de objetos, etc. También se ha identificado un sistema numérico de almacenamiento verbal, probablemente asociado al almacenamiento de poesía y secuencias verbales, tales como los meses del año. Esto se debe a que, matemáticamente requiere de un sistema de contabilidad para monitorear las secuencias, y se cree que este sistema almacena "hechos numéricos" más que realizar cálculos. Las neurociencias han explicado también el proceso por el cual los problemas aritméticos simples que son aprendidos una y otra vez (por ejemplo, las tablas de multiplicación) logran almacenarse como memoria declarativa, mientras que los cálculos más complejos requieren de las áreas visuoespaciales para su correcta ejecución. De este modo, hemos logrado delinear las estructuras que han de ser estimuladas para una mejor incorporación de estrategias de resolución de problemas, no sólo en el contexto del aula, sino permitiendo a los alumnos extrapolar dichas estrategias a su vida diaria.

Efectos directos de la experiencia. Aunque suele asumirse que experiencias específicas tienen un efecto en los niños, las neuroimágnees ofrecen formas de investigar esta asunción de manera directa. La predicción obvia es que experiencias específicas tendrán efectos específicos, aumentando la representación neural en áreas directamente relevantes a las habilidades involucradas en dichas experiencias. Los neurocientificos han estudiado pianistas adultos profesionales con resonancia magnética funcional, demostrando que tienen una corteza auditoria incrementada, específicamente para tonos del piano. Más interesante aún, el aumento correlacionaba con la edad de inicio del aprendizaje de los pianistas. Estos procesos de reorganización neural como resultado de la exposición aumentada a habilidades particulares también se ha observado en pacientes ciegos entrenados para leer Braille. En estos pacientes, se observó mayor sensibilidad a la información táctil en los dedos índices comparado a controles. Así, nuestro entendimiento sobre plasticidad cerebral puede ayudar a desarrollar estrategias de enseñanza en el campo de la educación.

Sueño y cognición. La idea de que el sueño cumpla un rol como función cognitiva propiamente dicha data de muchos años. Los estudios de neuroimágenes más recientes explican que un estadio del sueño, el período de movimiento ocular rápido (REM, por su sigla en inglés), no está

simplemente asociado a la expresión de los sueños, como ya se ha demostrado, sino que es importante en el aprendizaje y la consolidación de memoria. Algunas áreas del cerebro, específicamente la región occipital y la corteza premotora, parecieran re-activarse durante el sueño, lo cual puede implicar una consolidación de las conexiones neuronales establecidas durante el día en esta fase del ciclo del sueño. Si bien mucho queda aún por recorrer en el camino de la cognición durante el sueño, las neurociencias pueden potencialmente fomentar estrategias de consolidación del aprendizaje a través del sueño.

Emoción y cognición. Se ha establecido hace tiempo, en el campo de las neurociencias, que un aprendizaje eficiente no se logra bajo situación de estrés o miedo. El estrés puede ser tanto benigno como dañino para el cuerpo, ya que las respuestas al estrés pueden proveer una *motivación y atención* extra, necesarias para lidiar con una situación de emergencia; por el contrario, el estrés crónico o inapropiado puede tener un efecto significativo sobre el funcionamiento fisiológico y cognitivo. El sistema emocional principal del cerebro es considerado el sistema límbico, un grupo de estructuras que, están conectadas masivamente con la corteza frontal (dedicada, entre otras funciones, a la resolución de problemas). Cuando un alumno se encuentra estresado, las conexiones entre los centros emocionales y el lóbulo frontal, que es critico para la toma de decisiones y planificación, pueden verse afectadas, impactando negativamente en el aprendizaje, afectando el juicio social, o incluso las respuestas a la recompensa y el riesgo. El bienestar físico y emocional está estrechamente vinculado con la capacidad de pensar y de aprender de manera eficaz. Hogares o entornos escolares estresantes son contraproducentes para el aprendizaje. Si bien las escuelas no pueden controlar todas las influencias que inciden en los jóvenes un ambiente de seguridad y bienestar en las mismas influirá positivamente en el aprendizaje. Dejar a los estudiantes hablar sobre sus sentimientos puede ayudar a hacer frente a situaciones de ira, miedo, y tensión que surgen de la vida cotidiana.

Resulta claro en base a estos breves ejemplos que el potencial de las neurociencias para hacer contribuciones significativas a la investigación en el área de educación es inmenso. Aún así, los

neurocientíficos debemos construir más puentes entre la investigación básica en neurociencias y la investigación en educación, desarrollando estrategias de enseñanza que incorporen los modelos de aprendizaje estudiados en el campo.

Aportes teóricos desde las Neurociencias

Formación Temprana de Sinapsis

La sinapsis son uniones especializadas mediante las cuales las células del sistema nervioso envían señales de unas a otras y a células no neuronales. En la infancia el cerebro forma sinapsis en mayor cantidad que en la edad adulta**.** El número de sinapsis por unidad volumen de tejido (la *densidad sináptica*) en la capa cortical exterior del cerebro cambia a lo largo de la vida en monos y humanos. Los humanos recién nacidos tienen menor densidad sináptica que los adultos. Sin embargo, durante los meses que siguen al nacimiento, el cerebro del bebé comienza a formar sinapsis en exceso respecto de los niveles del adulto. En humanos, a los 4 años de edad, las densidades sinápticas llegan a su pico en todas las áreas cerebrales, al menos 50% por encima de los niveles adultos. Durante la infancia, las densidades sinápticas se mantiene por encima de las del adulto, y hacia la pubertad, un proceso de eliminación sináptica ocurre, reduciendo los niveles.

Formación de Sinapsis

El tiempo de este proceso varía en distintas áreas del cerebro humano. En el área visual, la densidad sináptica aumenta rápidamente a los 2 meses, alcanza su pico de los 8 a los 10 meses, y luego disminuye a los niveles adultos alrededor de los 10 años. Sin embargo, en la corteza humana frontal – involucrada en la atención, memoria de trabajo y planificación – este proceso se inicia más tarde y dura más tiempo. En la corteza frontal, la densidad sináptica no se estabiliza en los niveles de madurez hasta los 16 años. Por lo tanto, podemos pensar en densidades sináptica en las primeras 2 décadas de vida como una U-invertida: baja al nacimiento, pico en la infancia, y más baja en la adultez.

¿Qué implica el patrón de U-invertida en la educación?

Más allá de lo que los educadores creen, las neurociencias saben poco aún sobre los beneficios de este patrón. Esto se debe a que suelen citarse pocos ejemplos basados en aprendizaje animales cuyos resultados se extrapolan al comportamiento humano. En base a los cambios motores, visuales, y mnésicos observados, los neurocientíficos concuerdan que los movimientos básicos, la visión, y las habilidades de memoria aparecen en su forma más primitiva cuando las densidades sinápticas comienzan su rápido crecimiento. Por ejemplo, a los 8 meses, cuando las sinapsis comienzan a crecer rápidamente en las áreas frontales, los bebés primero muestran habilidades para la memoria de trabajo de lugares y objetos. El rendimiento en estas tareas mejora constantemente durante los siguientes 4 meses. Sin embargo, el rendimiento en estas tareas de memoria no alcanza su pico sino hasta la pubertad, cuando las densidades sinápticas han disminuido al nivel del adulto.

La Neurociencia sugiere que no hay relación directa entre las densidades sinápticas y la inteligencia. Los aumentos en densidades sinápticas se asocian con el desarrollo inicial de habilidades y capacidades, pero éstas continúan desarrollándose luego de que la densidad sináptica disminuye a niveles adultos. Aunque temprano en la infancia tenemos la mayor cantidad de sinapsis, la mayor parte del aprendizaje ocurre más tarde en la vida. Dada la existencia del patrón de U-invertida y lo que observamos respecto de nuestro aprendizaje e inteligencia a través de la vida, no tenemos razón para creer que cuanta más sinapsis tenemos, más inteligentes somos. Ningún estudio científico a la fecha soporta la idea que cuanto mayor aprendizaje ocurre en la infancia, más sinapsis van a ser “salvadas”

Períodos críticos

Un periodo crítico es un tiempo durante la vida de un organismo en el que este es más sensible a influencias del ambiente o estimulación. Más estimulación durante el período crítico no resulta

necesariamente en sistemas neuronales más desarrollados. Los períodos críticos podrían ser ventanas de oportunidad de aprendizaje. Los neurocientíficos están comenzando a comprender por qué los períodos críticos existen y por qué tienen un valor adaptativo para el organismo. Se cree que como resultado de procesos evolutivos, sistemas neurales muy sensibles, como la visión, dependen de la presencia de estímulos del ambiente para sintonizar los circuitos neurales. Los períodos críticos, contribuirían al desarrollo de habilidades como la visión, la audición, y el lenguaje. La instrucción formal enseña a los niños acerca de aspectos sociales y culturales, pero no sobre habilidades y conductas basadas en procesos evolutivos. Actualmente, no tenemos motivos para pensar que existen períodos críticos para la adquisición de habilidades cultural y social (lectura, matemáticas, música, etc)

Ambientes Enriquecidos

Los ambientes enriquecidos aumentan las conexiones sinápticas. Ratas jóvenes criadas en ambientes complejos presentan un 25% más de sinapsis por neurona en las áreas visuales que ratas criadas aisladas. Años atrás, investigadores establecieron que el cerebro de ratas adultas también forma nuevas sinapsis en respuesta a ambientes complejos. Investigaciones acerca de ambientes complejos nos dicen que el cerebro se puede reorganizar para aprender a lo largo de la vida. Usamos el término “complejo” para describir una simulación del ambiente natural o salvaje en el laboratorio.

Nuevas preguntas

No necesariamente el nexo entre las neurociencias y la educación debe ser planteado como un camino de ida: hay preguntas sobre la política educacional que probablemente podría ser bueno realizarlas: por ejemplo: ¿cuál es la mejor edad para iniciar la educación formal? Y sus corolarios: ¿cuál es la mejor edad para la educación temprana? ¿Cuáles son las cosas que los padres pueden hacer en sus casas antes de que los niños ingresen a la escuela? ¿Existe un orden

natural para el desarrollo del razonamiento verbal y no-verbal? ¿Existe una edad crítica más allá de la cual no se puede alcanzar el alfabetismo y los conocimientos básicos de aritmética? Estas preguntas son críticas para construir políticas educacionales. Después de todo, las edades para comenzar la educación formal varían ampliamente en los países occidentales, desde los 3 a los 6 años. Otro interés importante para aquellos que se ocupan del financiamiento de la educación (y obviamente, para los padres y profesores involucrados), es la efectividad del alto costo de las intervenciones de recuperación o terapéuticas. Para aquellos niños que sufren desventajas educacionales de algún tipo, por ejemplo, socio-económicas y/o genéticas ¿qué tipo de intervenciones serían más efectivas? La psicología cognitiva está repleta de modelos cognitivos y una tarea pendiente es decidir sobre la competencia de los modelos y su veracidad en escenarios educacionales.

También existen eternas preguntas que se hacen los profesores cotidianamente en el aula: ¿por qué algunos niños aprenden más fácil que otros? ¿Hay algún componente genético para la inteligencia? ¿Por qué pareciera que varones y mujeres piensan diferente? Las neurociencias cognitivas pueden contribuir en la búsqueda de respuestas y los profesores no deben temer los descubrimientos de las neurociencias, ya que muchos de estos podrían respaldar la práctica de una enseñanza intuitiva de alto nivel. Esta postura se respalda por un creciente interés público (y especialmente el de los maestros) en los descubrimientos de las neurociencias cognitivas.

Las neurociencias cognitivas están demostrando un interés creciente en tópicos generales como la memoria y el aprendizaje y su manifestación en la alfabetización y la adquisición de la aritmética y su aplicación a los niños con dificultades en el aprendizaje. Todos temas que han sido y son de interés principal para los educadores. Por lo tanto urge que la comunidad educativa se una a la comunidad neurocientífica en un dialogo.

En conclusión, la profesión de la educación se podría beneficiar al adoptar las neurociencias cognitivas en vez de ignorarlas. Es más, los pedagogos debieran contribuir activamente a la agenda de exploraciones de futuras investigaciones sobre el cerebro. Es prometedora la nueva tecnología de neuroimágenes para examinar el procesamiento cerebral de matemática, lectura, y otras tareas específicas al aprendizaje. La investigación en ciencias biomédicas y conductuales

debe insistir a los psicólogos a colaborar más cercanamente con los educadores para estructurar estudios del cerebro que permitan aplicar los conocimientos a la educación.

Facundo Manes

Resumen CV

Graduado en la Facultad de Medicina de la Universidad de Buenos Aires, Argentina (Medico) y en la Universidad de Cambridge, Inglaterra (Master in Sciences). Como estudiante de medicina recibió el premio "Neurociencias 1992" otorgado por la Asociación Medica Argentina por su trabajo de investigación: "El rol del cuerpo calloso en la trasferencia ínter hemisférica cerebral". Fue docente de anatomía en las facultades de Medicina y Farmacia y Bioquímica de la UBA.

Realizó la residencia de neurología en FLENI. Se capacitó en Neuroimágenes Funcionales en el Departamento de Neurorradióloga del Massachussets General Hospital de la Escuela de Medicina de la Universidad de Harvard, (Boston, USA) y realizó el fellowship de neuropsiquiatría en el departamento de Psiquiatría de la Universidad de Iowa, (Iowa City, USA) donde también fue docente de neuroanatomía en la cátedra de anatomía. Trabajó como neurólogo e investigador clínico en los departamentos de neurología y psiquiatría de la Universidad de Cambridge y fue consultor en Neurología y en Neuroimágenes en la Unidad de Neurociencias Cognitivas del Medical Research Council, Cambridge, Inglaterra.

Ha publicado numerosos trabajos científicos originales en revistas nacionales y en prestigiosas revistas extranjeras de su especialidad como Brain y Nature Neuroscience. Ha publicado varios capítulos en libros internacionales sobre neurología y psiquiatría como el "Kaplan & Sadock's Comprehensive Textbook of Psychiatry" publicado por Williams & Wilkins, "Behavior and Mood Disorders in Focal Brain Lesions" publicado por Cambridge University Press y "Neuropsychology of Emotion" publicado por Oxford University Press, entre otros.

Ha brindado conferencias en varios foros científicos nacionales e internacionales como la "Academia Nacional de Medicina", la Royal Society of Medicine, y la "New York Academy of Sciences" entre otras. Fue consultor en Salud y educación de la "Fundación Dana" en Nueva York. Pertenece al comité editor de la revista Alzheimer Argentina. Es consultor de revistas científicas internacionales como *Brain, Journal of Neurology Neurosurgery and Psychiatry, Journal of Neurology, Psychological Medicine, American Journal of Psychiatry and Journal of Nervous and Mental Disease*. Es miembro del comité editorial del journal *Neuropsychological Rehabilitation* y del "Advisory International Board" de la International Neuropsychiatric Association.

Ha sido galardonado con importantes premios nacionales e internacionales entre los cuales se encuentran el de "Formación de Recursos Humanos de Alto Nivel" otorgado por el ministerio de Educación de la Nación y el de "Joven Investigador" otorgado por la Asociación de Neuropsiquiatría Americana. Es miembro de varias sociedades científicas nacionales e internacionales como Royal Society of Medicine, la Asociación Neuropsiquiátrica Argentina, Asociación Americana de Neurología, el grupo de Investigaciones sobre Afasia y Trastornos Cognitivos de la Federación Mundial de Neurología y la Asociación Británica de Neuropsicología.

Entre sus contribuciones más importantes el Dr Manes identifico las áreas prefrontales relacionadas con el proceso de toma de decisiones en humanos, junto con el Dr Calder los mecanismos neurales de la agresión, el rol de la ínsula en los procesos cognitivos y emocionales. Además, junto con el Dr Bekinschtein describió, por primera vez, el procesamiento emotivo de pacientes con deterioro de conciencia mínima y con el Dr Jeffrey Max las áreas cerebrales involucradas en el desarrollo de los síntomas del déficit de atención e hiperactividad (ADHD). Con la Lic. Sabe ha desarrollado una de las primeras unidades de rehabilitación cognitiva holistica en America Latina. Su área actual de investigación es la neurobiología de los procesos mentales, particularmente los mecanismos neurales involucrados en la memoria autobiográfica y en la consolidación de la memoria a largo plazo, en las bases neurales de la conciencia mediante el estudio de la reserva cognitiva de los pacientes con estado vegetativo persistente, y del rol de la emoción y de la corteza prefrontal en la toma de decisiones.

Se desempeño como jefe de la sección Neurología Cognitiva, Neuropsicologia y Neuropsiquiatria del Instituto de Investigaciones Neurológicas Raúl Carrea -FLENI-. Creo y actualmente es director del Instituto de Neurología Cognitiva (INECO) y del Instituto de Neurociencias de la Fundación Favaloro. Fue profesor de Neurociencias Cognitivas de la Universidad Católica Argentina (UCA). Es profesor de Neurología de la Conducta y Neurociencias Cognitivas de la Universidad Favaloro y miembro del Cognition and Brain Sciences Unit, Medical Research Council, Cambridge, Inglaterra