

42, NW, 2004

---

# La comprensión del cerebro

## Hacia una nueva ciencia del aprendizaje

OCDE 

ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS

AULA XXI



Santillana

# **La comprensión del cerebro**

## **Hacia una nueva ciencia del aprendizaje**

## ORGANIZACIÓN PARA LA COOPERACIÓN Y EL DESARROLLO ECONÓMICOS

En virtud del artículo 1 de la Convención firmada el 14 de diciembre de 1960, en París, y que entró en vigor el 30 de septiembre de 1961, la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) tiene como objetivo promover las políticas destinadas a:

- lograr la más fuerte expansión posible de la economía y del empleo y a aumentar el nivel de vida de los países miembros, manteniendo la estabilidad financiera y contribuyendo así al desarrollo de la economía mundial;
- contribuir a una sana expansión económica en los países miembros y no miembros en vías de desarrollo económico; y
- contribuir a la expansión del comercio mundial sobre una base multilateral y no discriminatoria conforme a las obligaciones internacionales.

Los firmantes de la Convención constitutiva de la OCDE son: Alemania, Austria, Bélgica, Canadá, Dinamarca, España, Estados Unidos, Francia, Grecia, Irlanda, Islandia, Italia, Luxemburgo, Noruega, Países Bajos, Portugal, Reino Unido, Suecia, Suiza y Turquía. Los países siguientes se han adherido posteriormente a esta Convención (las fechas corresponden a las del depósito de los instrumentos de adhesión): Japón (28 de abril de 1964), Finlandia (28 de enero de 1969), Australia (7 de junio de 1971), Nueva Zelanda (29 de mayo de 1973), México (18 de mayo de 1994), la República Checa (21 de diciembre de 1995), Hungría (7 de mayo de 1996), Polonia (22 de noviembre de 1996), Corea (12 de diciembre de 1996) y la República Eslovaca (14 de diciembre de 2000). La Comisión de las Comunidades Europeas participa en los trabajos de la OCDE (artículo 13 de la Convención de la OCDE).

*Publicado originalmente por la OCDE en inglés y francés con los títulos:  
Understanding the Brain: Towards a New Learning Science  
Comprendre le cerveau: Vers une nouvelle science de l'apprentissage*

© 2002, Organisation for Economic Co-operation and Development/Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos, París.  
Todos los derechos reservados para esta edición en español.

D. R. © 2003 por Editorial Santillana, S. A. de C. V. Publicado bajo convenio con la OCDE, París.

*Dirección editorial:* Antonio Moreno Paniagua.

*Traducción al español:* Sergio Bojalil Parra, patrocinada por EDUCEIN (Centro Internacional de Estudios Integrados), bajo convenio con la OCDE. La calidad de la traducción al español y su coherencia con el texto original son responsabilidad de EDUCEIN.

*Edición:* Laura M. Valencia Escobar.

*Coordinador Académico de Aula XXI/México:* Carlos Ornelas.

ISBN: 970-29-0972-4

Primera edición: junio de 2003

Miembro de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana. Reg. Núm. 802

Impreso en México

## Prefacio

El proyecto "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro" fue creado por el Centro para la Investigación y la Innovación Educativas (CERI, por sus siglas en inglés) de la OCDE en 1999. El propósito de este novedoso proyecto es estimular la colaboración entre las ciencias del aprendizaje y la investigación cerebral, así como entre los investigadores y diseñadores de políticas. La Junta de Gobierno del CERI reconoció que la tarea es difícil y desafiante, pero con un gran potencial de retribución. Se aceptó, de manera particular, que el proyecto tenía un potencial excelente para entender mejor los procesos de aprendizaje durante el ciclo vital y que dentro de este marco de trabajo debe abordarse varios aspectos éticos importantes. Juntas, estas perspectivas e inquietudes resaltaron la necesidad de establecer un diálogo entre las diferentes posturas.

Apenas se empieza a encontrar aplicaciones para la investigación del cerebro en el campo del aprendizaje, a pesar de que en la década pasada se logró un progreso notable en la investigación básica. La cantidad de descubrimientos derivados de dicha investigación que han sido utilizados por las ciencias del aprendizaje todavía es muy escasa; tal vez ello se deba a que históricamente ha habido poco contacto directo entre los científicos del cerebro y los científicos del aprendizaje, y a que no se ha logrado un consenso respecto de las aplicaciones potenciales de la investigación del cerebro en las ciencias del aprendizaje. Sin embargo, hay varias razones para erigir más puentes entre estas dos comu-

nidades de investigación. Por ejemplo, los nuevos hallazgos sobre la plasticidad cerebral para aprender de nuevo durante el ciclo vital del individuo, y el desarrollo de nuevas tecnologías no invasivas de digitalización cerebral y de neuroimagen abren oportunidades para métodos de trabajo totalmente nuevos en la investigación. Se ha señalado que acercar a las dos comunidades de investigación como parte de su labor redundará en descubrimientos con mayor valor agregado.

En esta publicación proporcionamos una breve introducción sobre lo que hoy se conoce, lo que es probable que se revele pronto y lo que en última instancia podría conocerse. Está pensada para ser accesible a no especialistas y por lo tanto evita un lenguaje exclusivo. Su contenido se basa en las tres conferencias de la OCDE organizadas respectivamente en la Ciudad de Nueva York en junio de 2000 ("Mecanismos Cerebrales y Aprendizaje en la Niñez"); en Granada en febrero de 2001 ("Mecanismos Cerebrales y Aprendizaje en la Juventud"), y en Tokio en abril de 2001 ("Mecanismos Cerebrales y Aprendizaje en el Envejecimiento"). Asimismo, se presentan los próximos pasos del proyecto.

La *National Science Foundation* (Dirección de Investigación, Evaluación y Comunicación/División de Educación), de Estados Unidos; la *Lifelong Learning Foundation*, del Reino Unido; la ciudad de Granada, España, y el Ministerio de Educación, Cultura, Deporte, Ciencia y Tecnología de Japón, proporcionaron financiamiento esencial y apoyo sustancial desde el inicio. El Instituto Sackler de Estados Unidos; la Universidad de Granada, España; y el Instituto RIKEN para las Ciencias del Cerebro, en Japón, otorgaron apoyo fundamental de carácter científico, financiero y organizacional.

Las partes I y III de este libro fueron compiladas por Sir Christopher Ball y la parte II por Anthony E. Kelly con la colaboración del Secretario de la OCDE. El libro fue revisado parcialmente o en su totalidad por Christopher Brookes, Stanislas Dehaene, Hideaki Koizumi, Stephen Kosslyn, Bruce McCandliss, Michael Posner y Emile Servan-Schreiber. Dentro del Secretariado Jarl Bengtsson tomó la iniciativa de impulsar este proyecto y proporcionó apoyo estratégico y crucial a lo largo del mismo; Vanessa Christoph brindó apoyo logístico; el proyecto fue coordinado por Bruno della Chiesa. Este libro es publicado bajo la responsabilidad del Secretario General de la OCDE.

# Índice

Agradecimientos.....	11
Introducción.....	13
<b>Parte I</b>	
<b>Premisas</b>	
<b>Capítulo 1. El contexto de la educación.....</b>	<b>25</b>
1.1. Por qué y quién.....	26
1.2. Qué y cuándo.....	32
1.3. Cómo y dónde.....	35
<b>Capítulo 2. Cómo puede la neurociencia cognoscitiva orientar las políticas y las prácticas de la educación.....</b>	<b>39</b>
2.1. Qué es lo que la neurociencia cognoscitiva puede decir... ..	39
2.2. ... las políticas educativas.....	44
<b>Parte II</b>	
<b>La neurociencia cognoscitiva se encuentra con la educación</b>	
<b>Capítulo 3. Las tres conferencias.....</b>	<b>49</b>
3.1. Mecanismos cerebrales y aprendizaje en la niñez: la conferencia de Nueva York.....	50
3.2. Mecanismos cerebrales y aprendizaje en la juventud: la conferencia de Granada.....	53
3.3. Mecanismos cerebrales y aprendizaje en el envejecimiento: la conferencia de Tokio.....	56
<b>Capítulo 4. El aprendizaje visto con un enfoque neurocientífico .</b>	<b>61</b>
4.1. Principios de la organización cerebral y procesamiento neural de información.....	62
4.1.1. Neuomas, estados mentales, conocimiento y aprendizaje.....	62
4.1.2. Organización funcional.....	63
4.2. Herramientas de investigación, metodologías e implicaciones educativas: el impacto de las imágenes cerebrales.....	65
4.3. Lectoescritura y competencia matemática.....	71
4.3.1. Aprendizaje de la lengua.....	71
4.3.2. Aptitud para lectura.....	74
4.3.3. Aptitud para matemáticas.....	76

4.4.	Emociones y aprendizaje . . . . .	79
4.4.1.	El cerebro emocional . . . . .	79
4.4.2.	Regulación emocional y simbolización . . . . .	83
4.4.3.	Autocontrol: una variable educativa . . . . .	84
4.5.	El cerebro que aprende durante toda la vida . . . . .	86
4.5.1.	Envejecimiento y enfermedad: mal de Alzheimer y depresión senil . . . . .	88
4.5.2.	Condición física y vitalidad cognoscitiva . . . . .	93
4.5.3.	Plasticidad y aprendizaje durante toda la vida . . . . .	96
4.6.	Neuromitologías . . . . .	98
4.6.1.	Separar a la ciencia de la especulación . . . . .	98
4.6.2.	Especialización o predominio hemisférico . . . . .	102
4.6.3.	Aprendizaje o desarrollo sináptico, ambientes "enriquecidos" y períodos "críticos" . . . . .	104

**Parte III**  
**Conclusión**

<b>Capítulo 5. El camino hacia adelante . . . . .</b>	<b>113</b>
5.1. ¿Hacia una nueva ciencia del aprendizaje basada en un enfoque transdisciplinario? . . . . .	113
5.2. Los pasos siguientes: redes de investigación . . . . .	120
5.2.1. Tipos de investigación y metodología . . . . .	120
5.2.2. Tres áreas de investigación . . . . .	121
5.2.3. Tres redes de investigación: estructura y resultados esperados . . . . .	123
<b>Apéndice: Programas de las tres conferencias . . . . .</b>	<b>127</b>
<b>Referencias bibliográficas . . . . .</b>	<b>139</b>
<b>Glosario . . . . .</b>	<b>149</b>
<b>Índice de nombres . . . . .</b>	<b>161</b>

## Agradecimientos

El Secretariado desea manifestar su reconocimiento a las siguientes personas, quienes participaron en algunas o en todas las conferencias y contribuyeron para que éstas se realizaran exitosamente, así como a quienes apoyaron al Secretariado de la OCDE en la producción de este libro:

**David Aguilar Peña**, rector de la Universidad de Granada (España); **Sir Christopher Ball**, rector, University of Derby (Reino Unido); **Pilar Ballarin**, directora general de Educación, Junta de Andalucía (España); **Richard Bartholomew**, Department for Education and Skills (Inglaterra); **Elisa Bonilla**, directora general de Materiales y Métodos Educativos, Secretaría de Educación Pública (México); **Christopher Brookes**, director, The Lifelong Learning Foundation (Reino Unido); **John Bruer**, presidente, James S. McDonnell Foundation (Estados Unidos); **Stanislas Dehaene**, director de investigación, INSERM (Francia); **Juan-Francisco Delgado**, director del gabinete del alcalde, Ayuntamiento de Granada (España) y su equipo; **Juan Gallo**, director general de gabinete, Junta de Andalucía (España), y su equipo; **Eric Hamilton**, director, Research, Evaluation and Communication/Education Division, National Science Foundation (Estados Unidos), y su equipo; **Julio Iglesias de Ussel**, secretario de estado de Universidades, Ministerio de Educación y de Cultura (España); **Masao Ito**, director, RIKEN Brain Science Institute (Japón), y su equipo; **Anthony E. Kelly**, profesor, Graduate School of Education, George Mason University (Estados Unidos)

Unidos); **Hideaki Koizumi**, decano en jefe de científicos, Advanced Research Laboratory, Hitachi Ltd. (Japón); **Stephen Kosslyn**, profesor, Department of Psychology, Harvard University (Estados Unidos); **Cán-dida Martínez**, consejera de Educación y Ciencia, Junta de Andalucía (España); **Bruce McCandliss**, profesor de Psicología, Sackler Institute, Weill Medical College of Cornell University (Estados Unidos); **José Moratalla Molina**, alcalde de Granada (España), y su equipo; **Michael Posner**, profesor de Psicología, director, Sackler Institute, Weill Medical College of Cornell University (Estados Unidos); **Rosario Quesada**, diputada de Juventud, Diputación Provincial de Granada (España); **Julio Rodríguez Lopez**, presidente, Caja General de Ahorros, Granada (España); **Teiichi Sato**, director general, Japan Society for the Promotion of Science and Advisor to the Minister of Education, Culture, Sports, Science, and Technology (Japón); **Sylvia Schmelkes del Valle**, coordinadora general de Educación Intercultural y Bilingüe, Secretaría de Educación Pública (México); **Nuria Sebastián Galles**, profesora de Psicología Básica, Universidad de Barcelona (España); **Emile Servan-Schreiber**, consultor internacional (Francia); **Pío Tudela**, profesor de Psicología, Universidad de Granada (España); **Kenneth Whang**, oficial de programa, National Science Foundation (Estados Unidos).

También agradece al Centro de la OCDE en México por su apoyo para la realización de esta versión en español, en particular a **Nina Álvarez-Icaza**, directora adjunta para Publicaciones, y a **Luis Arturo Pe-layo** por su asistencia editorial.

El Secretariado expresa también su gratitud póstuma a **Rodney Cocking**, director de programa, Developmental and Learning Sciences, National Science Foundation (Estados Unidos). Lo echaremos de menos.

## Introducción

Si este libro se hubiera escrito hace una generación seguramente hubiera pasado desapercibido y es probable que en la siguiente no tenga importancia recordarlo. Pero hoy en día es oportuno y pertinente. Quienes vivimos la época actual somos afortunados al ser testigos de una tasa de desarrollo acelerado en la ciencia del cerebro y en la comprensión del aprendizaje humano. Este trabajo es una especie de “informe sobre los avances” respecto de un tema —o más bien varios temas— en rápida transformación. Al presentar un recuento de las colaboraciones transdisciplinarias sobre “aprendizaje y cerebro”, la iniciativa de la OCDE-CERI propone reunir diversas disciplinas y observar qué es lo que pueden ofrecerse y recibir de otras.

Los objetivos de esta publicación son tres:

- Informar sobre un diálogo creativo entre distintas disciplinas e intereses (la neurociencia cognoscitiva, la psicología, la educación, la salud, y el diseño de políticas) y desarrollar el mismo.
- Descubrir qué perspectivas puede ofrecer la neurociencia cognoscitiva a la educación y a la política educativa y viceversa.
- Identificar aspectos e interrogantes para la comprensión del aprendizaje humano en las áreas en las cuales la educación necesita ayuda de otras disciplinas.

La educación no es una disciplina autónoma. Al igual que la medicina o la arquitectura su fundamentación teórica descansa en otras discipli-

nas. Pero, a diferencia de la arquitectura o la medicina, la educación permanece en un estado primitivo de desarrollo. Es un arte, no una ciencia.

Considere la siguiente exposición:

“La característica fundamental de la educación médica de nuestros días es la minuciosidad con que el conocimiento científico y teórico se fusiona con lo que la experiencia enseña sobre la responsabilidad práctica de brindar atención a los seres humanos...’ ¿Puede afirmarse ya lo mismo de la capacitación magisterial? La experiencia en la responsabilidad práctica de enseñar a jóvenes o adultos muestra la importancia primordial que tienen la motivación, la confianza y los buenos ejemplos para el éxito. Con ellos, el aprendizaje rara vez falla; sin ellos, rara vez triunfa. Estas observaciones simples, y otras similares, surgidas de la experiencia práctica de enseñar todavía no están apuntaladas por una base segura de conocimiento científico y teórico. La ciencia del aprendizaje, que es una rama de la psicología humana, aún está en sus inicios. La teoría del aprendizaje es precientífica, en el sentido de que carece tanto de poder predictivo como explicativo. No entendemos suficientemente bien cómo los niños y los adultos aprenden como para atrevernos a garantizar la educación o la capacitación. La ciencia de la educación está en la fase de Linneo, es decir, en la elaboración de listas de ejemplos de aprendizaje exitoso, la clarificación y selección de prácticas educativas efectivas; pero todavía espera la llegada de su Darwin con una teoría poderosa que explique el aprendizaje”.<sup>1</sup>

La educación de hoy es una disciplina precientífica, basada en la psicología (filosofía, sociología, etcétera) para su fundamentación teórica. En este libro se explora la posibilidad de que la neurociencia cognoscitiva ofrezca a su debido tiempo una base más sólida para el entendimiento del aprendizaje y la práctica de la enseñanza. Algunos piensan que este paso puede estar demasiado lejano por ahora.<sup>2</sup> Ciertamente lo ha estado en el pasado, pero ¿será así en el futuro? Ya veremos. En cualquier caso, quizá sea mejor fallar por anticiparse que por dejar pasar la oportunidad.

<sup>1</sup> Ball, C. (1991). *Learning Pays*, RSA, Londres.

<sup>2</sup> Tal como el doctor John Bruer ha sostenido de manera convincente. Véase el capítulo 4.

Es muy común asegurar que el entendimiento del cerebro humano es la última frontera para la ciencia. No hay duda de que siempre habrá para la ciencia horizontes frescos por explorar a medida que alcanzamos algún progreso intelectual. Sin embargo, desenmarañar la complejidad del cerebro será un gran paso en el proceso. Parece que la ciencia se encuentra en el umbral de lograr avances sustanciales para el entendimiento del cerebro. En este libro se proporciona un resumen introductorio de lo que hoy se sabe, lo que podrá revelarse pronto y lo que en última instancia puede conocerse. Pero lo mejor que podrá hacerse es ofrecer una foto fija de una película de movimiento rápido.

Tal vez la ciencia de la enseñanza y del aprendizaje esté en verdad en sus inicios, pero también está desarrollándose con velocidad. Varios factores sugieren que no podrá sostenerse más el *status quo*, entre ellos la falla relativa del gran proyecto educativo de finales de los siglos XIX y XX, el impacto inminente de las nuevas tecnologías del aprendizaje y, por supuesto, el avance de la neurociencia cognoscitiva. Durante más de un siglo, uno de cada seis jóvenes<sup>3</sup> (y adultos que reflexionan sobre su infancia) informaron que “odiaban la escuela”; una proporción similar no logró dominar los elementos básicos de la lectoescritura y las matemáticas de manera suficiente como para asegurarse un empleo; una proporción similar se escapaba de la escuela, saboteara las clases o desviaba en silencio su atención de éstas. Gobiernos sucesivos de muchas naciones han hecho diversos intentos para mejorar la situación. Pero ¿será que se trata de un problema que no puede corregirse? ¿Será que la educación tradicional, tal como la conocemos, ofende de manera inevitable a uno de cada seis alumnos? ¿Será que el modelo de educación en el salón de clases no es “amistoso para el cerebro”?

Aspectos como éstos, añadidos al advenimiento de la computadora, los cuestionamientos crecientes acerca de la eficiencia y la efectividad de la provisión de servicios sociales controlados por el Estado, así

<sup>3</sup> Esta cifra proviene del Reino Unido; sin embargo, de acuerdo con los primeros resultados del estudio PISA realizado por la OCDE, la situación podría ser aún más grave en todos los países desarrollados (véase: [www.pisa.oecd.org](http://www.pisa.oecd.org) y OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*, Cuadros 4.1 y 4.2, pp. 289-290).

como los descubrimientos emergentes de la neurociencia cognoscitiva, ponen en duda algunos de los basamentos fundamentales de la educación tradicional: escuelas, salones de clases, maestros (tal como entendemos la profesión hoy día), y aun el plan de estudios y conceptos como la inteligencia o la capacidad.

En tanto que la mayoría de las personas están más inseguras sobre estos aspectos de lo que lo estaban hace veinte años, no hay duda de que aquellos que practican el arte de la educación están más propensos a lograr percepciones sobre el aprendizaje humano que proporcionarán hipótesis que los científicos puedan poner a prueba. El tránsito entre las neurociencias cognoscitivas (entre ellas la psicología) por una parte y la educación por la otra no fluye —y no debería fluir— en una sola dirección. Las percepciones y experiencia de los educadores identifican con frecuencia aspectos que demandan investigación y explicación científicas. Ejemplos obvios pueden ser la importancia del aprendizaje en la niñez, la autoestima y la motivación.

El texto que sigue se concibió para un público general bien informado. Pretende ser accesible a no especialistas. Se busca evitar un lenguaje exclusivo, disputas profesionales o defensas territoriales. Pero debe advertirse a los lectores contra la idea de que todos compartimos un lenguaje y un marco conceptual comunes. Términos como *plasticidad* —fundamental para la ciencia del cerebro pero desconocido en la educación— o *inteligencia* —donde lo contrario parece ser el caso— demuestran que aproximaciones diferentes llevan a distintos puntos de vista. No importa. Quienes trazan los mapas de nuevas tierras siempre usan el método de triangular diversos puntos de vista. Más peligrosos son términos tales como *estimulación*, común a ambas disciplinas, pero no necesariamente usado para dar a entender lo mismo. Es necesario proceder con cautela, reflexionar con cuidado, y ver cuán lejos puede llegar hoy en día un informe de colaboración sobre el aprendizaje y el cerebro.

A continuación se enlistan diez preguntas sobre el aprendizaje humano, las cuales parecen ser de importancia fundamental y las cuales se espera que un informe como éste responda. Cada una se enfoca en aspectos relacionados con la promoción del aprendizaje exitoso, bien sea medido por orientación académica o vocacional, responsabilidad social o laboral o por satisfacción personal.

### 1. ¿Cuál es el balance entre naturaleza y crianza en la promoción del aprendizaje exitoso?

¿Nuestros genes nos condenan a una cadena perpetua? ¿O podemos, por ejemplo, aprender a aprender más rápido? ¿Dónde debemos marcar el equilibrio entre los extremos del determinismo genético y la ficción de que “todo es posible cuando el niño tiene una buena casa y una buena escuela”?

### 2. ¿Cuán importantes son los primeros años de la vida para el aprendizaje exitoso durante toda ella?

A aquellos que creen que la experiencia de nuestros primeros años de vida es de importancia crucial para moldear actitudes positivas, habilidades esenciales y una estructura sólida para la educación primaria, secundaria y de adultos, se les acusa algunas veces de dejarse llevar por el “mito del aprendizaje temprano”. ¿Cuáles son las etapas de desarrollo del cerebro infantil? ¿Cómo podemos estimular el crecimiento saludable?

### 3. ¿Cuán significativa es la distinción entre “desarrollo natural” y “educación cultural”?

Los niños aprenden a caminar y a hablar en forma natural. A menos que padezcan alguna limitación física grave o maltrato cruel, todos lo hacen y casi siempre a la misma edad. Aprender trigonometría o aprender a bailar tango es diferente: no sucede con naturalidad. No hay una “edad normal” para dominar esas habilidades y de ninguna manera lo consiguen todos. Si bien la imitación es una estrategia clave para lograr tanto el desarrollo natural como la educación cultural, éstos parecen ser dos procesos diferentes. ¿Lo son? ¿Está el cerebro programado, de alguna manera específica, para un desarrollo natural? Y por otro lado ¿está generalmente receptivo (¡o no!) a las experiencias de aprendizaje en la categoría de “educación cultural”?

**4. Si la diferencia entre “desarrollo natural” y “educación cultural” es significativa ¿cómo podemos fomentar mejor estos dos tipos de aprendizaje?**

Si hay un “mito de los años tempranos”<sup>4</sup> éste surge por no pensar en las implicaciones de tal distinción. El “desarrollo natural” parece no requerir más que condiciones decentes normales: padres “suficientemente buenos”, un hogar satisfactorio, alimento y bebida suficientes. Amor, estimulación, nutrimento, ejercicio, conversación y un buen ambiente proveerían probablemente todo lo que los niños necesitan para un “desarrollo natural” saludable. La “educación cultural” es otro asunto: para empezar, es casi seguro que si se quiere aprender a leer, bailar, o conducir un auto se necesite un maestro. ¿Cuánta “educación cultural” es apropiada para los primeros años de vida y cuál es la mejor manera de proporcionarla?

**5. ¿En qué medida se relaciona la edad con el aprendizaje exitoso de actitudes, habilidades y conocimientos específicos?**

El aprendizaje durante el desarrollo (“maduración”) obviamente se relaciona con la edad. Por ejemplo, la pubertad conlleva una conciencia, un interés y una competencia cada vez mayores en y hacia el sexo opuesto. ¿Qué sucede con las actitudes, habilidades y conocimientos que conforman el plan de estudios normal de la “educación cultural”? La determinación, el trabajo en equipo y los colores, por ejemplo, se aprenden en la guardería. ¿Y la lectura, un segundo (o tercer) idioma, la paternidad, las capacidades directivas, la tolerancia, el surf, el piano, el ajedrés, el cálculo, los primeros auxilios, la cocina, la solución de problemas, la autoconciencia, el baile... y así sucesivamente? ¿Es el cerebro humano receptivo de manera especial a algunas de estas aptitudes en ciertas edades? Si es así, ¿por qué y cómo?

<sup>4</sup> Bruer, J. T. (1999). *The Myth of the First Three Years: A New Understanding of Early Brain Development and Lifelong Learning*, Free Press, Nueva York.

**6. ¿Por qué es tan difícil la educación correctiva?**

Éste podría ser el lado opuesto de la pregunta previa. A los niños que pierden etapas de su desarrollo —tal vez por lesión o maltrato— les resulta difícil ponerse al día después. Si no se puede caminar o hablar a los diez años de edad, posiblemente siempre se requiera un gran esfuerzo. ¿Se vuelve el cerebro también cada vez menos receptivo a otras formas de aprendizaje, en particular al plan de estudios de la “educación cultural”?

**7. ¿Qué puede decirse acerca de los diferentes “estilos de aprendizaje”?**

La pregunta clave parece ser, si la gente tiene diferentes estilos de aprender, ¿nacen con ellos o los desarrollan y los aprenden a medida que crecen? Suele afirmarse que algunas personas prefieren aprender por medio de sus ojos, otras mediante sus oídos y otras más del tacto y las sensaciones. Sin embargo, lo más probable es que todos prefiramos mezclas diferentes de estos tres modos de aprendizaje.<sup>5</sup> Otras aproximaciones al concepto de los “estilos de aprendizaje” hablan de los aprendices graduales, los estudiantes de “primero el final”, los aprendices reflexivos o experimentales, los que favorecen una o más facultades (como los idiomas, los números, la música), los solitarios o sociales, etcétera. Hasta el momento, todavía no hay una teoría coherente sobre los estilos de aprendizaje.<sup>6</sup> ¿Qué es lo que la ciencia del cerebro puede enseñarnos al respecto?

<sup>5</sup> Más aún, el sentido común sugiere que es factible que el estilo de aprendizaje dependa no sólo del sujeto (el aprendiz), sino también del objeto (el contenido), y cómo el primero interactúa con el segundo.

<sup>6</sup> El Secretariado de la OCDE desea disociarse con claridad de cualquier interpretación contenida en esta publicación que, basada en los conceptos de las diferencias individuales del cerebro y los estilos diferentes de aprender, intentaran relacionar ciertos genes con el CI y, en consecuencia, pudieran tener una connotación racista contra cualquier grupo o grupos de personas de la comunidad humana. Tales interpretaciones deben condenarse y los autores no desean por ningún motivo explorar dichas creencias, ni en este trabajo, ni en los estudios que se realicen en el área de la investigación del cerebro y de las ciencias del aprendizaje.

## 8. ¿Qué es la inteligencia?

La teoría del “coeficiente intelectual” (CI) ha predominado en la educación durante un siglo o más. En una forma en extremo simplista y popular que parece postular que nuestra inteligencia es una sola entidad, establecida en el nacimiento y que provee una especie de techo de cristal que limita nuestro potencial para el aprendizaje exitoso. Ésta es, en efecto, una explicación inadecuada e imprecisa de la inteligencia humana. Aun así, algunas personas parecen ser capaces de aprender más rápido que otras; ¿o será que pueden aprender *algunas cosas* más rápido que otras? ¿Cuál es la diferencia entre los cerebros de los niños que a la ligera calificamos de grises o brillantes? ¿Tenemos “inteligencias múltiples” o sólo una?

## 9. ¿Qué es la inteligencia emocional?

Si el sistema límbico del cerebro es el asiento de las emociones (entre otras cosas) y la corteza cerebral es la facultad de razonamiento, ¿qué se quiere decir al hablar de “inteligencia emocional”? ¿Se refiere a la maduración natural de nuestras emociones o es cuestión de educarlas o de capacitarnos? ¿Qué debemos hacer con la paradoja de que, si bien la teoría del CI la cual parece inverosímil aparentemente es mensurable, en tanto que la “inteligencia emocional” no es mensurable y, sin embargo, es agradable y aparentemente plausible?

## 10. ¿Cómo funciona la motivación?

¿Qué tiene que decir la ciencia acerca de nuestros gustos y aversiones? ¿Por qué la gente difiere en lo que le interesa, excita, aburre o causa repulsión? ¿Qué causa la diferencia en el cerebro entre “sólo querer” y “en realidad querer” algo? ¿Qué sucede cuando nuestra motivación cambia o cuando alguien más nos inspira para orientarnos a lograr nuevas metas?

Importantes como lo son, estas preguntas podrían ser demasiado generales. Informes como éste pueden revelar perspectivas valiosas, pero difícilmente podrá esperarse que ofrezcan un “nuevo mapa” completa-

mente articulado del aprendizaje. Sin embargo, sí podrían acabar con el *status quo*. Cuanto más aprendemos sobre el cerebro humano, en especial en los primeros años de vida, menos cómodos nos sentimos con el modelo del salón de clases tradicional y el plan de estudios impuesto de la educación formal. Esta preocupación es particularmente intensa, por ejemplo, al pretender evaluar los méritos relativos de la crianza materna en contraposición con el cuidado institucional de los bebés, de la escolarización casera en contraposición con la educación formal de los niños, de los intereses naturales de los adolescentes en contraposición con el rigor de un plan de estudios nacional. Es dudoso que la concepción actual de la educación de los jóvenes sea la mejor para elevar la imaginación y la creatividad,<sup>7</sup> la autoestima y la autoconfianza. Es necesario reconsiderar la importancia del juego, del papel del estrés (que es a la vez un reto y una amenaza) y de las implicaciones de la variedad humana para todas las edades, pero en especial para los jóvenes. Y la lista podría extenderse fácilmente.

<sup>7</sup> Durante la conferencia de Tokio, el doctor Akito Arima [en su análisis de los datos del Tercer Estudio Internacional de Matemáticas y Ciencia (TIMSS por sus siglas en inglés)] observó la necesidad de inculcar una mente creativa entre los alumnos desde una edad temprana (véase el Informe de Tokio en la página electrónica de la OCDE: [www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf](http://www.oecd.org/pdf/M00022000/M00022657.pdf)).



PARTE I

# Premisas

## El contexto de la educación

*Mantengo seis sirvientes honestos  
(Ellos me enseñaron todo lo que sé);  
Sus nombres son Qué y Por qué y Cuándo  
Y Cómo y Dónde y Quién.  
Rudyard Kipling*

“La educación está en ruinas, pero uno puede encontrar tesoros entre las ruinas.” Este comentario hecho por un estudiante hace unos diez años capta con nitidez la paradoja de la educación moderna: es al mismo tiempo inapreciable y decepcionante. Las grandes esperanzas de aquellas sociedades avanzadas que en el siglo XIX establecieron una educación básica universal, obligatoria y gratuita para sus pueblos no se han cumplido por completo. Más bien, dado que muchos jóvenes nos informan que odian la escuela,<sup>1</sup> no logran aprender los elementos básicos de la lectoescritura y las matemáticas que les permitan encontrar empleo, sabotean sus clases, juegan a escaparse de la escuela o practican “la ausencia intelectual”.

No obstante, nadie que se haya beneficiado con una buena educación duda de su valor. Aprender es una fuente de salud, prosperidad y felici-

<sup>1</sup> Véase: [www.pisa.oecd.org](http://www.pisa.oecd.org) y OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*, Cuadros 4.1 y 4.2, pp. 289-290.

dad. La educación es un camino para la buena vida. Aprender reditúa y aprender otorga poder. El aprendizaje efectivo, que empieza al nacer y continúa en la vejez, concede a cada individuo la mejor esperanza de una vida exitosa. La primera prioridad de la orden del día del nuevo aprendizaje se sintetiza en la frase “educación para todos durante toda la vida”. Esta frase demuestra cuánto han cambiado en años recientes las ideas sobre el aprendizaje y las actitudes hacia la educación. Y siguen cambiando, en igual medida, en lo que se refiere a la importancia que las sociedades les asignan. Durante la segunda mitad del siglo XX, la educación dejó de ser un elemento de poco interés para los gobernantes y sus electorados hasta convertirse en un tema de la mayor importancia en todo el mundo y en la prioridad número uno actual para muchas naciones.

Dondequiera que se mire se encontrará evidencia de este cambio. Los medios tienen un apetito insaciable por el tema del aprendizaje. El mercado de servicios en el campo crece con rapidez. Los gobiernos se enfrentan con los retos que entraña introducir la educación preescolar, mejorar las escuelas e incrementar el acceso a la educación superior. Organizaciones y negocios de todo tipo buscan transformarse en “organizaciones de aprendizaje”. Los individuos crean sus propios planes sobre el tema y vuelven realidad la retórica del “aprendizaje durante toda la vida”. Pocos podrían afirmar hoy que Disraeli estaba equivocado cuando en 1874 sostuvo: “de la educación de la gente de este país depende el destino de este país”. Y aun así la paradoja debe resolverse. ¿Qué otras reformas pueden ayudarnos para ofrecer a los estudiantes algo más que “tesoros en las ruinas”? ¿O deberíamos considerar un cambio revolucionario en la impartición de la educación?

### 1.1. POR QUÉ Y QUIÉN

Las sociedades tienden a desarrollarse a través de tres fases: la aristocrática, la meritocrática y la democrática. La primera respeta el privilegio, la segunda el mérito y la tercera la humanidad. Hoy queda poco de la sociedad privilegiada del pasado. El privilegio es obsoleto. Nadie sostiene con seriedad que la mejor gente se encuentra en las “mejores”

familias ni que a tal élite debería dársele la mejor educación y ofrecérsele los mejores trabajos. El hecho de que esto todavía parezca suceder se debe a que (de forma inesperada pero no realmente sorprendente) la sociedad meritocrática también se orienta para favorecer a los privilegiados.<sup>2</sup> Pero la clase, la raza, la religión, el sexo y la edad son, cada uno a su manera, bases inapropiadas para la discriminación educativa en una sociedad meritocrática o democrática.

El principio meritocrático otorga poder e influencia a aquellos que pueden demostrar la capacidad más alta. En una meritocracia una de las principales funciones de la educación es seleccionar a la gente por “habilidades y aptitudes”. Las aristocracias *saben* quiénes son las mejores personas y las recompensan de acuerdo con ello. Las meritocracias *buscan* las mejores personas y luego las recompensan con generosidad. En cada caso, la educación y las oportunidades para aprender más allá del nivel básico están limitadas y se ofrecen sólo a los mejores.<sup>3</sup>

Desde luego, ambas sociedades, la aristocrática y la meritocrática, justifican sus sistemas educativos selectivos refiriéndose a otros tres factores relevantes: necesidades de empleo, el rango de inteligencia y la presunción de que las personas capaces aprenden mejor si se les segrega de las menos capaces. La economía del siglo XIX requería grandes cantidades de marineros, mano de obra para la industria y sirvientes domésticos, y relativamente pocos administradores, consultores o profesores. Hoy, lo contrario es cierto. Tal como podemos observar, el siglo XXI necesitará más trabajadores intelectuales que nunca antes y menos a los que no tengamos nada que ofrecer además de la fuerza física. En los países desarrollados sólo unos cuantos empleos pueden prescindir del alfabetismo al menos hasta el nivel requerido para leer los periódicos tabloides. El trabajo del tipo no intelectual desaparece

<sup>2</sup> Véase: OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*, Cuadros 6.1 (a, b, c), 6.2 y 6.3, pp. 307-311, Cuadro 6.7, p. 315, Cuadro 8.2, p. 333.

<sup>3</sup> En el Reino Unido, por ejemplo, el examen 11+ y las escuelas primarias selectivas fueron —y todavía son en parte— las herramientas de la meritocracia. La selección y la entrada selectiva para la escolaridad posobligatoria, o para la educación superior, sirven el mismo propósito.

de forma gradual. El mercado laboral poco a poco aumenta sus demandas al sistema educativo y al aprendizaje personal permanente de los individuos.

La *inteligencia* es —o debería ser— un término incómodo para los educadores. Aun si, por supuesto, no todos consideran que la “inteligencia” y el “coeficiente intelectual” son equivalentes, hablamos como si lo entendiéramos, actuamos como si el CI fuese medible, clasificamos a nuestros estudiantes con seguridad, cuando en realidad aún no se sabe mucho acerca de la inteligencia humana. Las explicaciones simplistas y populares de la teoría del CI nos enseñan que nuestra inteligencia es una sola entidad, fija a lo largo de la vida y que (para la mayoría de los seres humanos) provee una especie de techo de cristal que les impide progresar en aprendizajes más avanzados. Es probable que estas tres ideas sean falsas. El trabajo de Howard Gardner<sup>4</sup> persuadió a muchos con el concepto de la inteligencia múltiple. Daniel Goleman<sup>5</sup> introdujo el concepto nuevo de Inteligencia Emocional (IE), lo cual complica el panorama. Sea lo que sea, la inteligencia es sin duda compleja.

Muchos individuos han demostrado en su vida y en su proceso de aprendizaje que la idea de un nivel de inteligencia fijo y sin cambios durante toda la vida es cuestionable, y hasta completamente ridículo. Muchos que en la escuela parecían tener un futuro poco prometedor, lograron con el tiempo graduarse en instituciones de educación a distancia o posteriormente brillaron en el lugar de trabajo. Asimismo, algunos a quienes les fue bien en la escuela enfrentaron dificultades en la vida adulta. Mientras, como es obvio, es cierto aún que en términos generales algunas personas aprenden más rápido que otras, nuestra velocidad de aprendizaje (la cual es probablemente un elemento clave en el concepto de la inteligencia) resulta muy afectada por otros factores como la confianza, la motivación y la compatibilidad con el ambiente de aprendizaje.

La idea de que la inteligencia humana está estrictamente limitada o es escasa parece rara hoy en día. Hace cuarenta años, pocos avanzaban

a la educación superior en los países de la OCDE. Ahora más de 30 por ciento logra entrar a universidades y tecnológicos. Se ha demostrado que el “Informe Robbins”, publicado en 1963 en el Reino Unido, estaba en lo correcto: “Si se habla de una fuente de habilidades, debe ser de una fuente que supere la olla de la viuda del Antiguo Testamento,<sup>6</sup> en el sentido de que cuanto más se tome para la educación superior en una generación, más habrá disponible en la siguiente”. A medida que más y más gente participe y tenga éxito en los cursos de aprendizaje avanzado, lo único que puede decirse con certidumbre acerca de los límites de la inteligencia humana (medida por el logro educativo) es que son desconocidos y continúan excediendo nuestras expectativas.

Tal punto de vista no niega la probabilidad de que nuestra herencia genética condicione hasta cierto grado nuestro potencial de aprendizaje, o que la formación temprana del cerebro en la infancia influye de manera importante en el aprendizaje posterior, o que el éxito tiende a llevar al éxito (y el fracaso a más fracaso). Lo que se postula es que literalmente nadie es incapaz de lograr con posterioridad aprendizajes benéficos.

Aunque el sentido común podría indicarlo, no es seguro que las personas capaces aprendan mejor si se les segrega de las menos capaces, pero en cualquier caso, estas últimas parecen obtener peores resultados si se les separa de aquéllas capaces.<sup>7</sup> Por más de medio siglo un debate ha enfrentado a quienes defienden las ventajas sociales de la educación global con quienes abogan por ventajas educativas o sociales (para los capaces) de la educación selectiva. Ambos tienen razón, de alguna manera, a pesar de que a ningún bando le es fácil hacer justicia a la fortaleza de los argumentos del otro, debido tal vez al hecho de que ambos lados están orientados a metas diferentes y apoyados por concepciones del mundo diferentes.

El aspecto de la segregación es crucial para el plan educativo. Porque, a medida que avanzamos de la sociedad meritocrática a la demo-

<sup>4</sup> Gardner, H. (1983). *Frames of Mind*, Londres.

<sup>5</sup> Goleman, D. (1995). *Emotional Intelligence*, Nueva York.

<sup>6</sup> Véase: 1 Reyes 17, 10-16.

<sup>7</sup> Véase: OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*, Cuadro 2.4, p. 281 y Gráfica 8.4, p. 219.

crática, las razones para optar por la educación selectiva tienden a desmoronarse. La sociedad democrática busca la realización de todos sus miembros, no sólo de aquellos que han sido señalados como los más capaces. Ofrece patrones de empleo que demandan y recompensan el aprendizaje exitoso a lo largo de toda la vida para todos. Tiene una gran fe y grandes esperanzas en la inteligencia y el potencial de aprendizaje de cada uno. Y está dispuesta a rechazar la segregación y la selectividad, a pesar de la percepción (de algunos) del beneficio (a menudo de los mismos) de los sistemas selectivos.

Sean cuales sean los resultados de este debate, los grupos humanos tienden a conformarse a la norma percibida. Los grupos segregados lo hacen de manera aún más profunda que los grupos diversificados. Podríamos comparar el comportamiento de los niños en la escuela o en el núcleo familiar. O de los adultos en los lugares de trabajo o en el hogar. La presencia del grupo de pares —en la escuela o en el trabajo— puede generar un comportamiento conformista. Nuestra conducta parece ser más libre en ámbitos más diversos. Es más factible que seamos nosotros mismos —y desarrollar nuestro potencial distintivo— cuando no estamos reprimidos por nuestros pares.

Algunos aseguran que la gente que logra cosas excepcionales tiende a experimentar en la niñez temprana tres factores críticos condicionantes: interacción abundante con “adultos cálidos y exigentes”,<sup>8</sup> un plan de estudios exploratorio de aprendizaje que deja al aprendiz mucho espacio para el experimento y la iniciativa, y acceso limitado a los grupos de pares que tendrían un impacto negativo en términos de aprendizaje. Claro está, es cierto que dichos grupos de pares pueden apoyar y plantear desafíos positivos al aprendiz. Pero la posibilidad de un efecto adverso es al menos tan fuerte (si no más fuerte) como el de uno benéfico.

Una sociedad democrática, genuinamente comprometida para estimular el aprendizaje a lo largo de la vida para toda su gente, enfrenta un gran reto ante el sistema de educación heredado de la sociedad me-

<sup>8</sup> Véase: OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*, Cuadros 6.5 y 6.6, pp. 313-314.

ritocrática que le precedió. ¿Puede un sistema concebido para seleccionar y recompensar a los más capaces reformarse de tal manera que ayude a todos a lograr su (muy diverso) potencial? O, si la reforma no es posible, ¿se incluye una especie de revolución educativa en el orden del día del aprendizaje?

Dentro de una sociedad democrática, si bien puede haber acuerdo acerca del objetivo de fomentar y asegurar el aprendizaje durante toda la vida para todos, parece que todavía existen grandes desacuerdos en relación con su propósito. Algunos ven la fortaleza del argumento económico. Creen que una “fuerza laboral de clase mundial” podría ser la punta de lanza de la prosperidad nacional y de una mayor competitividad en la economía global.<sup>9</sup> Otros están más influidos por el argumento de equidad. Esperan que una sociedad democrática de aprendizaje ayudará a remediar las desigualdades heredadas de los modelos aristocrático y meritocrático que la antecedieron. Un tercer grupo está orientado a llevar al máximo la realización humana. Reconocen y aceptan los amplísimos rangos y la diversidad de resultados y alcances que probablemente se obtengan de la inversión en el aprendizaje continuo de cada individuo. Y, oculto entre estos tres puntos de vista contrastantes hay un cuarto, el de aquellos que consciente o inconscientemente todavía encuentran válida la idea de una élite y buscan preservar alguna forma de selectividad.

No es posible satisfacer toda esta variedad de demandas al mismo tiempo. Tendremos que escoger. Los argumentos de los logros económicos y humanos son compatibles y persuasivos. El aprendizaje durante toda la vida para todos podría muy bien reducir las desigualdades de

<sup>9</sup> Pero al mismo tiempo, se ha demostrado [véase: OCDE (2001). *Cities and Regions in the New Learning Economy*, capítulo 4, p. 37] que los logros de la educación secundaria de una población dada son los que tienen el mayor impacto en el desempeño económico. Más aún, estos logros educativos están relacionados en gran medida con el “nivel de inclusión” que proporcionan los sistemas escolares [véase: OCDE-Santillana (2002). *Conocimientos y aptitudes para la vida. Resultados de PISA 2000*]: en otras palabras, la equidad en la educación, cuando es practicada con seriedad y en forma voluntaria, parece no sólo ser compatible con el desempeño económico, sino también un componente esencial de la competitividad.

la herencia aristocrática y meritocrática, pero es probable que nuevas disparidades las reemplacen. Los verdaderos demócratas rechazan el elitismo, aunque reconocen irónicamente que ellos son los beneficiarios de tal sistema. Aun así, continuará siendo verdad que, si usted no conoce *por qué* el aprendizaje es importante, o *quién* debe disfrutarlo, tendrá muchas dificultades para encontrar respuestas coherentes a los muchos cuestionamientos relacionados con la idea del aprendizaje durante toda la vida para todos.

## 1.2. QUÉ Y CUÁNDO

¿Qué debemos aprender? y ¿cuándo debemos aprenderlo?, aparecen como preguntas vinculadas entre sí, tal como *¿por qué aprender?* y *¿quién debe aprender?* demostraron estar relacionadas en los párrafos precedentes. Si el modelo de aprendizaje permanece arraigado en la primacía de la “educación inicial” (posiblemente con una participación limitada de la “educación continua”), el plan de estudios tenderá a estar muy cargado en escuelas y universidades con tantos materiales valiosos como se pueda, por miedo de que los estudiantes pudiesen perder las mejores oportunidades de beneficiarse. Pero si en verdad hablamos en serio de aprendizaje para toda la vida, es posible bajar la carga de los contenidos de aprendizaje para los jóvenes y extender el plan de estudios deseable durante toda la vida.<sup>10</sup> La trigonometría, por ejemplo, o el japonés o la historia y geografía de América Latina, son materias interesantes, pero ninguna es esencial para el plan de estudios inicial de la gente que vive en Europa. ¿Qué sí lo es?

En contraste con el modelo existente del Plan de Estudios Nacional, el cual parece que intenta saturar todo el aprendizaje deseable, podríamos considerar un “plan de estudios mínimo esencial global”. ¿Qué

<sup>10</sup> Los “períodos sensibles” para adquirir funciones cognoscitivas pudieran ser herramientas muy útiles para elaborar este “plan de estudios deseable” en el futuro. Véanse las observaciones del doctor Hideaki Koizumi sobre la “reorganización de los sistemas educativos basada en la plasticidad neuronal” (y en la periodicidad) en el párrafo 4.5.3 más adelante.

contendría? Alfabetismo (lectura, escritura, habla y escucha) en la lengua materna y al menos en alguna otra,<sup>11</sup> matemáticas, alfabetismo cultural (que incluiría los conocimientos esenciales de historia, geografía, ciencia y tecnología junto con oportunidades de desarrollar aptitudes para la música, las artes, el teatro y los deportes), habilidades personales y sociales, valores y ética, aprender a aprender (lo cual abarca, por supuesto, elementos de la neurociencia cognoscitiva: la naturaleza del cerebro, cómo aprende el cerebro, etcétera)... ¿Y qué más? Dicho “plan de estudios esencial” podría dejar mucho espacio y tiempo a los que aprenden rápido para explorar otras materias y extenderse ampliamente, mientras que los que aprenden con lentitud tendrían una buena oportunidad de aprender lo que todos *deberíamos* saber, entender o ser capaces de hacer para funcionar en forma eficaz en la vida y el trabajo.

Tradicionalmente, un plan de estudios consta de tres elementos: conocimientos, aptitudes y actitudes (CAA). Y el plan de estudios tradicional tiende a evaluar el conocimiento por encima de las aptitudes y a éstas sobre las actitudes. La experiencia de vida y de trabajo sugiere una prioridad diferente: AAC, es decir, actitudes, aptitudes y conocimientos. Las actitudes positivas (como la responsabilidad, la esperanza, la

<sup>11</sup> Hay aquí dos preguntas que deben subrayarse. Primera: una persona que aprende de una sola lengua extranjera (lo cual podría no ser suficiente, por cierto) debería probablemente aprender inglés, pues es considerado actualmente el “idioma mundial” (la *lingua franca* moderna); sin embargo, y especialmente si se considera que el dominio de (al menos) una segunda lengua extranjera es cada vez más necesario en términos de competitividad individual, ¿debería el inglés ser privilegiado de manera obligatoria por este “plan de estudios esencial” como la (cronológicamente) primera lengua extranjera aprendida por los hablantes cuya lengua materna no es el inglés? Segunda: ¿deberían los angloparlantes ser eximidos de aprender un idioma extranjero, debido a que su lengua materna es “la lengua mundial”? Podría uno verse tentado a responder positivamente, al menos de manera espontánea. Pero no está claro si no incluir una lengua extranjera en el plan de estudios tendría efectos negativos en los individuos así como también en el nivel colectivo. Sin embargo, ésta es otra historia. Pero el tema tendrá que retomarse en algún momento, en especial si se considera que es probable que la adquisición de una lengua extranjera (sobre todo una adquisición temprana de tal naturaleza) cause un impacto positivo en el mapeo cerebral (para no mencionar la cultura de mente abierta), el cual proporcionaría al individuo una ventaja comparativa (no sólo de naturaleza técnica); en tal caso, no aprender una lengua extranjera podría resultar en una desventaja comparativa.

integridad y la confianza) son la clave para una buena vida o para un trabajo gratificante. Las aptitudes (como la comunicación, el trabajo en equipo, la organización y la solución de problemas) también son esenciales. Cuando gran cantidad del conocimiento mundial almacenado es fácilmente accesible en libros o en Internet, se vuelve menos importante ser capaz de obtenerla del propio cerebro.<sup>12</sup> El reto es crear una sociedad del aprendizaje (no una "sociedad del conocimiento"<sup>13</sup>) para el siglo XXI, y este tipo de sociedad requiere un plan de estudios AAC.

En muchos aspectos el cerebro joven aprende más rápido que el viejo; pero los adultos suelen estar más motivados para aprender que los niños. Por lo general, la motivación es más importante que la juventud para un aprendizaje exitoso, y aunque, por supuesto, la combinación es invencible. Quizá deberíamos considerar un "plan de estudios esencial" obligatorio, tal como se marcó antes, junto con el atrevido principio liberal de *confía en las exigencias del aprendiz informado* (CEAI), una vez que el plan de estudios esencial se ha dominado. Una nación que siga este principio podrá debatir largo y tendido sobre lo que constituye exactamente el "plan de estudios esencial" e invertir con cuidado en la guía educativa.

Lo que está claro es que "lo mejor del pasado" no es ya necesariamente "lo mejor para el futuro". En una sociedad con poco o ningún cambio, la sabiduría de los viejos y la experiencia del pasado provee

<sup>12</sup> Esto plantea otra pregunta, esta vez acerca del contenido y la estructura del conocimiento que debe adquirirse: ésta es la diferencia esencial entre "saber qué" (información o "conocimiento de los hechos") y "saber por qué" ("conocimiento acerca de los principios y las leyes del movimiento en la naturaleza, en la mente humana y en la sociedad"). Es un debate muy complejo, puesto que "aprender a aprender" y adquirir cualquier "saber por qué" no puede alcanzarse sin un mínimo de "saber qué". Si "se vuelve menos importante ser capaz de obtener (la información) del propio cerebro", la pregunta acerca de qué información básica debe ser integrada en un "plan de estudios mínimo, esencial y global" permanece ampliamente abierta. (Para definiciones más precisas de "saber qué" y "saber por qué", y profundizar en este debate, véase: OCDE (2000). *Knowledge Management in the Learning Society*, especialmente p. 14 y ss.)

<sup>13</sup> Se dice que toda sociedad humana es una sociedad del conocimiento, lo cual parece tener mucho sentido; pero no cada una de las sociedades humanas es una sociedad del aprendizaje.

una buena guía para los jóvenes. Pero en una era de cambio rápido y acelerado esto no necesariamente sigue siendo válido. Los jóvenes pueden estar mejor posicionados que los viejos para juzgar lo que es esencial y lo que tan sólo es deseable que aprendan. En algún lugar entre estas dos visiones extremas podría ser muy deseable un diálogo intergeneracional.

En la vida adulta el principio de CEAI debería ser nuestra guía. Cuando tenemos el control de nuestro propio aprendizaje —en la casa, en nuestras actividades de esparcimiento, en el autoempleo, o en el retiro— prevalece este principio. Aprendemos lo que elegimos aprender. El mundo del empleo ofrece un panorama diferente. Algunos empleadores faltos de perspicacia no reconocen aún el valor de aprender para el trabajo. Otros reconocen el valor de la capacitación vocacional y de las aptitudes relevantes, pero la duda es si hasta el momento se ha establecido con claridad si conviene una inversión libre en el aprendizaje de toda la fuerza laboral. Algunos han reconocido la verdad de los argumentos de que "aprender reedita" y se proponen avanzar hacia el desarrollo de organizaciones con aprendizaje verdadero. En conjunto con sus empleados promueven e impulsan un acercamiento liberal al aprendizaje y aplican el principio CEAI.

### 1.3. CÓMO Y DÓNDE

¿Cómo aprende mejor la gente? ¿Y dónde prefiere aprender? Algunas personas prefieren aprender en casa, otras en el trabajo, otras en la universidad. El logro extraordinario que han obtenido los "estudiantes caseros" podría tener implicaciones revolucionarias. Parece haber una multitud de estilos de aprendizaje, por ejemplo, definido por el medio (ojo, oído o mano), o favorecido por algún tipo de inteligencia, o género, o preferencia por la teoría o la práctica, o por el aprendizaje gradual o por "primero el final", y así sucesivamente. Todavía no nos acercamos de ninguna manera a una teoría adecuada o a un análisis práctico de los estilos de aprendizaje. Lo que sabemos es que el aprendizaje exitoso es más probable si el que aprende a) tiene una alta confianza y una buena autoestima, b) está fuertemente motivado para

aprender y c) es capaz de aprender en un medio caracterizado por “retos altos” asociados con “pocas amenazas”.

Las fallas en el aprendizaje ocurren cuando uno (o más) de cuatro impedimentos no permiten alcanzar el éxito: a) falta de confianza y autoestima (el factor de sentirse bien); b) motivación débil (no tener realmente ganas de aprender); c) potencial inadecuado verdadero (percibido) (“es muy difícil” o “no puedo hacerlo”); d) falta de oportunidades de aprender. La mayoría de los debates sobre educación se centra en los dos últimos puntos, abordando aspectos como la “extensión de habilidades”, el CI, las aptitudes, o el acceso, la igualdad de oportunidades, el aumento de los suministros. Sin dejar de ser importante todos estos aspectos, no son necesariamente los impedimentos más importantes para aprender en el mundo desarrollado actual. Concentrarse en estos puntos casi hasta la exclusión de los dos primeros fue una especie de herejía del siglo XX. Los problemas principales de los aprendices son la confianza y la motivación: esta idea, ampliamente compartida entre los educadores, podría por sí misma proveer un campo fértil para la investigación científica.

La confianza y la autoestima son condiciones necesarias —aunque no suficientes— para la motivación (querer en *realidad* aprender). Cualquier niño feliz o adulto seguro de sí mismo demuestra esta verdad. Así, el reto futuro del plan del aprendizaje es engañosamente simple: fomentar (o restaurar) la confianza y la autoestima con la que nacen los bebés. Un ambiente caracterizado por una combinación de “retos altos” y “amenazas bajas” hace que esto ocurra. Las amenazas inducen al miedo al fracaso, el reto estimula las aspiraciones de éxito.

Si “retos altos” asociados con “amenazas bajas” es lo ideal —y lo contrario es sin duda pernicioso— la siguiente matriz muestra cada una de las combinaciones posibles y su efecto probable en el aprendizaje humano (niño o adulto):

	Retos altos	Retos bajos
Amenazas altas	“Ansioso”	“Apagado”
Amenazas bajas	“Brillante”	“Malcriado” o “indiferente”

La buena educación, la capacitación efectiva y el aprendizaje exitoso ocurren en la esquina inferior izquierda de la figura. Estas condiciones desarrollan y fomentan niños y adultos brillantes (alertas, confiados, seguros de sí mismos, motivados y felices) los cuales son *aprendices que dominan el tema*. Aquellos cuya vida y aprendizaje se han experimentado en los otros tres cuadros se transforman en *aprendices dependientes* que siempre se apoyan en otros para identificar sus estándares, motivación y autorrespeto.<sup>14</sup>

Hoy estamos en el umbral de un entendimiento más profundo de cómo la gente aprende mejor, y cómo ayudarla mejor. La confianza y la autoestima son (como la leche y el jugo de naranja) esenciales para nutrir al aprendiz exitoso. Dichas cualidades resultan esenciales para la motivación efectiva, pero no son suficientes por sí mismas. Los aprendices motivados desarrollan un deseo ardiente de lograr el éxito: entienden los beneficios del aprendizaje, han desechado cualquier sensación de incapacidad o insuficiencia personales, han descubierto buenas oportunidades para aprender, su prioridad más alta es el éxito en el aprendizaje. Sin duda, la motivación humana debe estar en lo alto del plan de aprendizaje del siglo XXI.

Los “seis sirvientes honestos” de Kipling proporcionan una herramienta útil para revelar los lineamientos del plan de aprendizaje para el futuro. El cuestionamiento central es si podemos crear una verdadera sociedad de aprendizaje por medio de los procesos normales de reforma gradual, con el fin de adaptar nuestros modelos y patrones existentes de abastecimiento para cubrir las necesidades del nuevo siglo, o necesitamos pensar más bien en términos de sustituirlos con algo verdaderamente diferente. Es difícil pensar en el cambio discontinuo ...hasta que ocurre. La disolución de los monasterios, el desarrollo de los viajes aéreos y el descubrimiento de la píldora anticonceptiva pueden ser vistos

<sup>14</sup> Pero es posible que los aprendices que dominan el tema también dependan de otros para encontrar las mismas cosas (principalmente motivación); sin embargo, esta dependencia relativa es tal vez más positiva: es factible que lo que se haya buscado fuese una “recompensa” o un “reconocimiento”. Podría ser útil, con el tiempo, integrar este aspecto de “recompensa” como un tercer elemento a la matriz anterior, además de “retos” y “amenazas”.

en retrospectiva como ejemplos del cambio discontinuo, con implicaciones revolucionarias. Tal vez algo similar ocurre en la educación hoy en día.

Hay varias razones para ello y ya se han mencionado algunas más. Tres parecen ser importantes en particular: el impacto inminente de las nuevas “ciencias del cerebro” en nuestro entendimiento del aprendizaje humano, la computadora y el potencial de la Tecnología de la Información y la Comunicación (TIC),<sup>15</sup> así como la idea de “financiar al aprendiz” (más que a la enseñanza) de manera que se promueva el efecto de las fuerzas del mercado en nuestra provisión social del aprendizaje; esto con miras a elevar la calidad, mejorar la oportunidad y la conveniencia y bajar los costos. Vale la pena considerar la idea de financiar la educación por medio de “vales de aprendizaje” para aquellos que se intenta beneficiar, en lugar de subvencionar a los proveedores de la educación.

Pero si los gobiernos adoptan o no la idea de “financiar al aprendiz”, la revolución del aprendizaje se ha iniciado y es irreversible. La TIC ha demostrado su poder para crear una revolución del aprendizaje por sí misma. El mercado del aprendizaje está en movimiento.<sup>16</sup> En las próximas décadas podemos esperar que se comience a resolver las complejidades del cerebro y entender al fin la naturaleza de la memoria y de la inteligencia (por ejemplo) y qué es lo que pasa exactamente cuando ocurre el aprendizaje. Cuando lo consigamos, seremos capaces de reemplazar nuestra práctica de la educación en una teoría sólida del aprendizaje. El resultado parece estar más cercano a ser un ejemplo de cambio discontinuo que una adaptación gradual del orden actual. Revolución, no reforma.

<sup>15</sup> Véase: OCDE (2000). *Learning to Bridge the Digital Divide*; OCDE (2001). *Learning to Change: ICT in Schools*; OCDE (2001). *E-Learning —The Partnership Challenge*.

<sup>16</sup> La OCDE-CERI tiene el tema de “El Comercio en los Servicios Educativos” (*Trade in Educational Services*) en su programa de trabajo 2002-2004.

CAPITULO 2

## Cómo puede la neurociencia cognoscitiva orientar las políticas y las prácticas de la educación

### 2.1. QUÉ ES LO QUE LA NEUROCIENCIA COGNOSCITIVA PUEDE DECIR...

*¿Mi cerebro? Es mi segundo órgano favorito.*  
Woody Allen

¿Cómo aprende la gente? ¿Qué ocurre en el cerebro cuando adquirimos conocimiento (nombres, fechas, fórmulas) o aptitudes (leer, bailar, dibujar) o actitudes (autoconfianza, responsabilidad, optimismo)? Preguntas como éstas han interesado a los seres humanos durante siglos. Hoy, los científicos comienzan a entender cómo se desarrolla el cerebro joven y cómo aprende el cerebro maduro. Distintas disciplinas contribuyen a este avance en el conocimiento. La establecida en fechas más recientes, y probablemente la más importante, es la neurociencia cognoscitiva.

Al igual que con casi todos los avances científicos, la clave es el desarrollo de nueva tecnología. Técnicas<sup>1</sup> como la neuroimagen funcional, que incluye la Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf) y la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP), junto con la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) y la Espectroscopia Infra-

<sup>1</sup> En el párrafo 4.2 y en el glosario incluido en las páginas finales del libro se presentan definiciones más puntuales de las diferentes tecnologías mencionadas aquí.

roja Cercana (EIRC), permiten a los científicos entender con mayor claridad el funcionamiento del cerebro y la naturaleza de la mente. En particular, pueden empezar a arrojar nueva luz sobre cuestiones antiguas acerca del aprendizaje humano y sugerir maneras en las cuales la provisión educativa y la práctica de la enseñanza puedan ayudar mejor a los jóvenes y a los adultos que aprenden.

Sería un error prometer o esperar demasiado muy pronto. Si bien ya se dispone de algunas perspectivas y resultados valiosos, pasarán años antes de que los descubrimientos de esta ciencia nueva estén listos para aplicarse con seguridad a la educación. Pero la materia avanzará de forma más exitosa si las distintas disciplinas que abarcan “las ciencias del aprendizaje” se comunican y cooperan unas con otras. Mientras que ya está claro que dialogar, buscar establecer un lenguaje común y desafiar las hipótesis y suposiciones de cada uno es benéfico para los neurocientíficos y los educadores, se obtendrá un mayor beneficio al incluir en el debate a la psicología y a la medicina. La psicología cognoscitiva, en particular, desempeña un papel central como mediadora entre los neurocientíficos, por un lado, y los educadores y diseñadores de políticas educativas por el otro.<sup>2</sup> Pero hay poca duda de que, en la medida en que en los próximos años surja una nueva “ciencia del aprendizaje”, continuará atrayendo a una gama amplia de disciplinas, como la psicología, la antropología y la sociología desarrollistas o evolucionistas.

Existirán problemas de comunicación entre neurocientíficos y educadores. Por lo general esas dos comunidades no comparten un vocabulario profesional similar; aplican métodos y lógicas diferentes; exploran cuestionamientos diferentes y persiguen metas distintas. Son percibidos de maneras diferentes en el escenario político. Los neuro-

<sup>2</sup> Más aún, una de las revoluciones importantes surgidas de la investigación cerebral en los años noventa, confirmada por numerosas presentaciones durante las tres conferencias de la OCDE, es que el estudio del cerebro “desde afuera” —la meta de la psicología cognoscitiva—, y la observación del cerebro “desde el interior” —la meta de la neurociencia—, son de hecho complementarios. La psicología cognoscitiva estudia y descubre los comportamientos de pensar y aprender y ayuda a generar hipótesis acerca de los mecanismos relacionados con ellos; la neurociencia cognoscitiva estudia directamente y establece (o confirma) cuáles son estos mecanismos.

científicos estudian científicamente el lugar del aprendizaje en sí mismo: el cerebro. Llevan con ellos la autoridad y el aura de una ciencia arcana. Son relativamente pocos y utilizan tecnologías caras. En contraste, los maestros de adolescentes trabajan en un medio social complejo donde sus estudiantes podrían no compartir sus metas. Sus herramientas típicamente incluyen tiza, charlas y libros de texto. Por lo tanto, es necesario estar conscientes de las diferencias culturales entre estas dos profesiones, y trabajar para reducir los malos entendidos y la mala comunicación, así como promover el entendimiento. Los diseñadores de políticas pueden ayudar a reducir las brechas al promover el intercambio profesional de recursos, en particular las percepciones logradas en los respectivos niveles de análisis (por ejemplo: el aprendizaje en el salón de clases y la función cerebral), de manera que los descubrimientos de este campo emergente moldeen tanto nuestro entendimiento del cerebro como máquina como del cerebro en acción (aprendizaje humano). Una de las dificultades por enfrentar es la necesidad de un lenguaje común y un vocabulario compartido entre las diversas disciplinas que abarcan las “ciencias del aprendizaje”. Términos como *plasticidad*, *inteligencia* y *estimulación* (ya identificados como problemáticos en la introducción) ejemplifican este asunto. Y sería fácil añadir a ellos una lista más larga, como: *capacidad*, *actitud*, *control*, *desarrollo*, *emoción*, *imitación*, *aptitudes*, *aprendizaje*, *memoria*, *mente*, *naturaleza* y *crianza*... Los dos últimos términos deberían recordarnos la brecha en el entendimiento entre la percepción pública de *naturaleza* y *crianza* como dos dominios separados y autónomos y la aceptación científica de la influencia mutua entre ellos y el concepto de “desarrollo dependiente de la experiencia” del “cerebro natural”. El viaje desde los genes hasta el comportamiento es largo y arduo: en algún lugar en el centro se ubica el cerebro, el cual es tanto una expresión del material genético como una fuente de comportamiento humano.<sup>3</sup>

Es de esperarse que, a medida que la neurociencia cognoscitiva continúe contribuyendo al diálogo emergente entre ciencia y aprendizaje,

<sup>3</sup> Véase el Informe de Granada en la página electrónica de la OCDE: [www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf](http://www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf).

ayudará a iluminar y resolver un número de dicotomías inoportunas, tales como *naturaleza y crianza*. *Plasticidad y periodicidad* es otro par de ideas opuestas que necesitan entenderse de una manera que evite tener que seleccionar una u otra. El sentido común y la ciencia del cerebro confirman que nuestros cerebros son *plásticos*: continúan desarrollándose, aprendiendo y cambiando hasta que interviene una senilidad avanzada o la muerte. La idea del aprendizaje durante toda la vida tiene sentido. Nunca es demasiado tarde para aprender, considerando que el aprendiz esté bien dotado con confianza, autoestima y motivación. Y, aun así, parece que hay *períodos sensibles* como “ventanas de oportunidad” cuando el cerebro en desarrollo es particularmente sensible a ciertos estímulos y está listo para aprender. Un ejemplo obvio es la extraordinaria velocidad con que los niños pequeños adquieren su primera lengua. Todos los niños, sin contar a aquellos con una discapacidad grave, lo hacen casi a la misma velocidad y al mismo tiempo en todo el mundo, sin tomar en cuenta su clasificación educacional posterior como aprendices lentos o rápidos, de inteligencia alta o baja, o sus éxitos y fracasos. También puede haber períodos sensibles para “aprender un segundo idioma”, adquirir habilidades sociales como el trabajo en equipo, e incluso tomar la decisión crucial entre el aprendizaje “dominante” y el “dependiente”. Y, aun así, el cerebro es persistentemente plástico.

La neurociencia cognoscitiva también nos ayudará a entender la diferencia entre lo que es común a todos los cerebros humanos y nuestras diferencias individuales. Por ejemplo, los cerebros de hombres y mujeres parecen diferir, pero no está del todo claro qué es lo que esto implica. Hay diferencias significativas de maduración entre los cerebros de jóvenes, adolescentes y adultos maduros. Hasta ahora, la neurociencia cognoscitiva tiene poco que decirnos acerca de las diferencias individuales. Más aún, en esta etapa temprana de la ciencia, los especialistas encuentran —de manera comprensible— en muchos sentidos más fácil estudiar la incapacidad (y la capacidad sobresaliente) que el “cerebro normal”. Esto no debe lamentarse, si nos ayuda a entender y atender mejor trastornos como el autismo y el Síndrome de Asperger. En la actualidad estudiar los cerebros de los individuos con discapacidad (o de los sobresalientes) es de hecho una de las ma-

neras más seguras para llegar a comprender el funcionamiento de los cerebros “normales”.

Los científicos son muy cautelosos y es fácil entender la razón, sobre todo al informar de sus conclusiones en un área tan sensible y estimulante como el cerebro humano. Sería conveniente contar con un acuerdo general orientado a distinguir entre *a*) lo que está bien establecido (plasticidad); *b*) lo que es probable (períodos sensibles); *c*) lo que es especulación inteligente (las implicaciones de género) y *d*) lo que son concepciones populares erróneas o sobresimplificaciones (el papel de los “hemisferios izquierdo y derecho”). De cualquier forma parece que la neurociencia cognoscitiva podrá, en los años venideros, desempeñar un papel significativo en proporcionar respuestas confiables a preguntas importantes acerca del aprendizaje humano como las siguientes:

- ¿Cuál es el medio ambiente y el plan de aprendizaje más apropiados para los niños muy pequeños? En particular, ¿es aconsejable proveer un programa intensivo temprano de capacitación en matemáticas y lectoescritura (guarderías activas)?
- ¿Cuáles son los períodos sensibles clave en el desarrollo del cerebro? ¿Cuáles son las implicaciones de éstos para un plan de estudios de aprendizaje relacionado con la edad?
- ¿Por qué algunas personas encuentran tan difícil adquirir la lectoescritura y la aptitud para matemáticas? ¿Qué puede hacerse para prevenir o remediar trastornos como la dislexia y la discalculia?
- ¿Cuáles son los límites del cerebro humano? ¿Puede alguien esperar relacionar los logros de gente como Leibniz, Mozart o J. S. Mill con educación apropiada en el medio ambiente correcto?
- ¿Por qué es tan difícil desaprender? ¿Cómo pueden corregirse de manera eficiente y efectiva los malos hábitos, las aptitudes incompetentes y los conocimientos erróneos?
- ¿Cuál es el papel de la emoción en el aprendizaje? ¿Cómo podemos facilitar la cooperación entre el sistema límbico (emocional) y la corteza cerebral (cognoscitiva) del cerebro cuando se enfrentan a un reto de aprendizaje?

## 2.2. ...LAS POLÍTICAS EDUCATIVAS

*Politik ist die Kunst des Möglichen.<sup>4</sup>*  
Bismarck

*La política no es el arte de lo posible.*  
Consiste en escoger entre  
lo desastroso y lo desagradable.  
J. K. Galbraith

Los padres son los primeros educadores de los niños. En muchas partes del mundo la educación sistemática fue —y todavía es— una función de la religión. En todo el mundo, en naciones desarrolladas y en desarrollo, el Estado ha asumido la responsabilidad de proveer, tanto como es posible, una escolaridad gratuita y obligatoria para los niños, y acceso al aprendizaje más avanzado para estudiantes jóvenes y adultos. El primer reto para los diseñadores de políticas es balancear y reconciliar los papeles de los padres, la religión y el Estado.

El segundo reto es asegurar que, como el socio controlador y dominante en esta trinidad, la provisión de oportunidades de aprendizaje en escuelas, colegios, universidades y otras instituciones educativas y de capacitación satisfaga las necesidades de los estudiantes, los empleadores y la comunidad en general a costos aceptables. La relación costo-beneficio de la educación formal y la capacitación es quizás el aspecto central de las políticas. Y, aun así, es sumamente fácil suponer que el financiamiento y los estándares son las únicas cuestiones reales.

Desde 1989 el mundo ha reflexionado sobre las implicaciones de la caída del comunismo. La democracia, la sociedad libre y el capitalismo de mercado parecen haber vencido las esperanzas del socialismo. Hemos aprendido que los mercados libres, controlados por un marco legal democráticamente gobernado son más eficientes y más efectivos para brindarle al pueblo lo que quiere y necesita que los sistemas de planificación centralizada. Pocos difieren en esto en lo que se refiere a la dis-

<sup>4</sup> "La política es el arte de lo posible."

tribución de bienes como la vivienda, los alimentos o el vestido; o de servicios como el entretenimiento, la banca o la peluquería. La educación, y en algunas partes del mundo la salud, se consideran aún como servicios especiales que no pueden confiarse con seguridad al mercado. Este aspecto es tema de un vivo debate en el caso de la salud.

Si bien podría ser útil considerar alternativas posibles, actualmente se presume que en los países de la OCDE prevalecerá la provisión total del Estado, tal como se hace en gran parte del resto del mundo. Casi todos los gobiernos regulan y financian la educación obligatoria y universal y proveen las escuelas, preparatorias y universidades que sean necesarias. Dichos gobiernos están muy entrenados en los aspectos de costo-beneficio, es decir, cómo lograr los mejores resultados al costo más bajo. La mayoría de los aspectos políticos más detallados y recurrentes en los debates sobre educación puede rastrearse hacia esta cuestión fundamental, por ejemplo, tamaño de los grupos de alumnos; extensión del período educativo (obligatorio) para la titulación; aumento del acceso a la educación posobligatoria; provisión de maestros; derecho al aprendizaje durante toda la vida, calificaciones y estándares, inspección, etcétera. Parece posible que el estudio científico del cerebro y del aprendizaje hará una contribución significativa, no sólo a estos aspectos de política educativa, sino también al reto fundamental del costo-beneficio en la educación.

En años recientes surgió un interés particular en proporcionar una buena educación preescolar para todos los niños, en revisar y redefinir el plan de estudios, así como en equipar las aulas escolares con computadoras, para mencionar sólo tres inquietudes contemporáneas. En cada caso la expectativa subyacente era que ahí habría mayor eficiencia y efectividad (una mejor relación costo-beneficio) y un mejoramiento de los estándares por arriba del incremento en los costos. Es difícil medir los estándares de los logros educativos, como también lo es encontrar comparaciones confiables entre los países o a lo largo del tiempo. No es fácil estar seguros de que comparamos elementos equivalentes; no obstante, es evidente que a lo largo del tiempo ha ocurrido un incremento en los costos y un mejoramiento en los estándares, pero no está claro si pueden medirse. En cambio, sí lo está que la ausencia de cualquier forma efectiva de competencia de mercado en el

mundo de la educación inevitablemente reduce su capacidad para mejorar en la relación costo-beneficio.

Los diseñadores de políticas tienen mucha experiencia en lo que concierne a los propósitos de la educación. Un punto de vista tradicional sugiere que las sociedades esperan que los sistemas de educación realicen tres objetivos: proporcionar a los estudiantes jóvenes y adultos las *habilidades* necesarias, *socializarlos* y *seleccionarlos* según sus capacidades y aptitudes. Estas tres funciones entran en conflicto. Si se le da prioridad a la selección, las aptitudes de los aprendices más lentos tenderán a verse afectadas, por ejemplo. Si las escuelas serán responsables de toda la gama de aptitudes propias del siglo XXI y de la socialización necesaria para una sociedad moderna y compleja, el plan de estudios podría sobrecargarse. Seleccionar y socializar son también una pareja incómoda. ¿Se espera que las escuelas hagan demasiado?

Por último, podría ayudar prestar atención a la brecha que hay entre lo que el aprendiz quiere y lo que necesita y las inquietudes de los diseñadores de políticas. La obsesión con la relación costo-beneficio puede distraer fácilmente a éstos de un interés adecuado y un entendimiento de la compleja naturaleza del aprendizaje, la variedad y sensibilidad de los aprendices y el cerebro humano.

## PARTE II

# La neurociencia cognoscitiva se encuentra con la educación

## Las tres conferencias

El propósito del proyecto OCDE-CERI llamado “Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro” es impulsar la colaboración entre las ciencias del aprendizaje y la investigación sobre el cerebro, por un lado, y los investigadores y los diseñadores de políticas, por otro. En conjunto, las posibilidades y las preocupaciones acerca de una posible “educación basada en el cerebro”<sup>1</sup> en el futuro señalaron la necesidad de establecer un diálogo entre las distintas disciplinas involucradas. Una vez que se estableció la base conceptual del proyecto, después de un año de planificación, comenzaron los debates iniciales con destacadas instituciones de investigación, lo cual condujo a la organización de tres conferencias o foros, dedicados al “aprendizaje en la infancia”, el “aprendizaje en la adolescencia” y el “aprendizaje en el adulto” (con un enfoque fuerte en el “aprendizaje en el envejecimiento”), respectiva-

<sup>1</sup> A este respecto, el doctor Jan van Ravens comparó, durante la conferencia de Granada, a la medicina con la educación: “Se realiza un esfuerzo explícito para lograr ‘una medicina basada en la evidencia’: una erradicación completa de la intuición y de la creencia popular en favor de una aplicación total del conocimiento médico en la práctica diaria. La educación está lista para ese tipo de tratamiento: alejarse de un plan de estudios basado en la tradición y en concesiones políticas, y orientarse hacia un plan de estudios basado, tanto como sea posible, en la evidencia proporcionada por las ciencias del aprendizaje, fundamentadas, a su vez, en los resultados de la investigación sobre el cerebro.

mente. En la página electrónica de la OCDE se presentan informes detallados de cada una de estas conferencias.<sup>2</sup>

Este capítulo es el resumen cronológico de las tres conferencias; pretende ser una introducción al capítulo 4 para hacerlo más accesible. Por lo tanto, aquí se describen brevemente los resultados científicos de las conferencias y en el siguiente capítulo se exponen con mayor amplitud.

### 3.1. MECANISMOS CEREBRALES Y APRENDIZAJE EN LA NIÑEZ: LA CONFERENCIA DE NUEVA YORK

*La distancia entre el bebé recién nacido  
y el de cinco años es un abismo;  
del niño de cinco años hasta mí es sólo un paso.*  
Tolstoi

La primera conferencia se llevó a cabo los días 16 y 17 de junio de 2000 en Nueva York, Estados Unidos, en el Instituto Sackler. La problemática que dominó la conferencia fue la tensión entre los conceptos de plasticidad y periodicidad cerebral, la idea de que —mientras el cerebro continúa adaptándose a lo largo de la vida— hay períodos sensibles para aprender cosas específicas en ciertas edades. La conferencia recibió informes de un número importante de aspectos relacionados con el aprendizaje temprano: adquisición del idioma, cognición temprana, mecanismos de lectura, pensamiento matemático y competencia emocional.

Se presentaron investigaciones sobre aprendizaje de una segunda lengua, que sugieren que la adquisición de la gramática está en parte limitada por el tiempo. “Lo antes posible, lo más fácil y más rápido”. Estos hallazgos sugieren que el aprendizaje de una segunda lengua podrá ser más efectivo en la educación primaria que en la secundaria. De

<sup>2</sup> [www.oecd.org/oeecd/pages/home/displaygeneral/0,3380,EN-document-603-5-no-27-26268-0,FF.html](http://www.oecd.org/oeecd/pages/home/displaygeneral/0,3380,EN-document-603-5-no-27-26268-0,FF.html)

cualquier forma, el cerebro sigue siendo receptivo a nueva información semántica durante toda la vida.

El aprendizaje *esperado de la experiencia* tiene lugar cuando el cerebro encuentra la experiencia relevante en el tiempo adecuado, es decir, en el período sensible. El *aprendizaje dependiente* de la experiencia está algunas veces limitado por la edad debido a que los períodos sensibles podrían estar presentes sólo durante ciertas etapas del desarrollo. Más aún, el aprendizaje durante un período sensible podría requerir un ambiente apropiado. Parece, y no es motivo de asombro, que los cerebros responden mejor a ambientes complejos que a ambientes que carecen de estímulo o interés.

Los niños desarrollan teorías acerca del mundo en etapas extremadamente tempranas y las modifican a la luz de la experiencia. Las áreas del aprendizaje temprano incluyen la lingüística, la psicología, la biología y la física, esto es, cómo funcionan el idioma, las personas, los animales, las plantas y los objetos. Aun en el momento del nacimiento el cerebro del niño no es una *tabula rasa*. La educación temprana necesita tomar más en cuenta tanto la mente distintiva como la forma individual de conceputar de los niños pequeños y sus modos preferidos de aprender, por ejemplo, mediante el juego.<sup>3</sup>

Es probable que en el dominio de la lectoescritura sea donde la ciencia del cerebro pueda ofrecer más en el presente a los educadores.

<sup>3</sup> De acuerdo con la doctora Alison Gopnik (durante la conferencia de Nueva York), los infantes nacen equipados para aprender idiomas. Pero también aprenden sobre cómo piensa y siente la gente que los rodea, y cómo esto se relaciona con sus propios pensamientos y sentimientos. Los niños aprenden psicología día con día. También aprenden la física cotidiana (cómo se mueven los objetos y cómo interactuar con ellos), y la biología de cada día (cómo funcionan las cosas vivientes, las plantas y los animales). Llegan a dominar estas áreas complejas antes de que aparezca cualquier educación formal.

A los expertos les gustaría que las prácticas escolares partieran del conocimiento que los niños logran en su medio ambiente anterior. Por ejemplo, podría tener sentido enseñar psicología diaria durante la escolaridad temprana. O en el caso de la física y de la biología, las escuelas podrían empezar a enseñar a los niños desde sus concepciones naturales (y concepciones erróneas) acerca de la realidad con el fin de alcanzar un verdadero entendimiento de los conceptos científicos que la describen. Las escuelas pueden capitalizar más en los juegos, la exploración espontánea, la predicción y la retroalimentación, que parecen ser tan poderosas en el aprendizaje espontáneo en casa. Las escue-

Las dificultades para leer pueden deberse a múltiples causas: mala visión, debilidad auditiva o estrategias inadecuadas (disfunción cognoscitiva). En todos estos trastornos puede ayudarse al niño. Cuando los maestros y los científicos trabajan juntos, hay una esperanza real de que podamos proporcionar diagnósticos tempranos e intervenciones adecuadas para ayudar a aquellos en riesgo de sufrir varias formas de dislexia.

La matemática, como la lectoescritura, es una aptitud básica en la cual la neurociencia cognoscitiva puede asistir a la educación. La inteligencia matemática parece ser muy compleja, involucra varias partes diferentes del cerebro, las cuales están organizadas para trabajar juntas por medio de un mecanismo de control en la corteza cerebral. Tal modelo sugiere que puede haber muchas razones distintas (enraizadas en procesos de diferentes regiones del cerebro) de por qué surgen dificultades con las matemáticas.

El cerebro es el asiento de las emociones, así como de la razón. De hecho, nuestra "inteligencia emocional" (IE) parece ser más importante para el logro y el éxito que la "inteligencia cognoscitiva" (CI). La distinción crítica entre aprendizaje "dominante" y "dependiente"<sup>4</sup> es cuestión más de actitud (emocional) que de intelecto. Parece que los aprendices exitosos desarrollan una forma de dominio llamada "autocontrol"<sup>5</sup> en edades tempranas. En principio, esta aptitud clave puede ser inculcada y promovida, aunque es significativamente heredable.

Las principales conclusiones científicas de la conferencia se describen con mayor precisión en el capítulo 4. La conferencia llegó a cinco conclusiones generales relacionadas con el valor y el potencial del debate transdisciplinario,<sup>6</sup> la distinción entre nuevos conceptos y la con-

las deberían proporcionar aun a los niños más pequeños la oportunidad de ser científicos y no sólo hablarles de la ciencia (véase el Informe de Nueva York, en la página electrónica OCDE, [www.oecd.org/pdf/M000199000/M00019809.pdf](http://www.oecd.org/pdf/M000199000/M00019809.pdf)).

<sup>4</sup> Véase el parágrafo 1.3.

<sup>5</sup> Véase el parágrafo 4.4.3.

<sup>6</sup> Aunque estas conferencias se organizaron antes del surgimiento del concepto de Hideaki Koizumi de "transdisciplinariedad" (véase el capítulo 5), éste se adoptó como

firmación científica de percepciones previas, la naturaleza fundamental de las ideas de plasticidad y periodicidad, la importancia relativa de los años tempranos para el aprendizaje humano y la posibilidad del surgimiento de una nueva *ciencia del aprendizaje*.<sup>7</sup>

### 3.2. MECANISMOS CEREBRALES Y APRENDIZAJE EN LA JUVENTUD: LA CONFERENCIA DE GRANADA

*Hubiese creído que no había edad entre los trece y los veinte,  
o que la juventud la pasaría durmiendo. Porque no hacen nada  
en ese tiempo que dejar doncellas con niños,  
desvirtuar lo antiguo, robar, pelear [...] ¿Podría alguien  
a excepción de estos cerebros hervidos de diez y nueve, y dos y veinte  
soportar este ambiente?  
Shakespeare*

La segunda conferencia tuvo lugar del 1 al 3 de febrero de 2001 en Granada, España. Dos aspectos predominaron en ella: el problema de traducir los hallazgos que surgen de la neurociencia cognoscitiva de una manera accesible al mundo de la educación y la idea de cerebro adolescente como "un trabajo en progreso."

Es fácil pedirle demasiado a la neurociencia cognoscitiva en esta etapa temprana de su desarrollo. Hallazgos tentativos derivados de investigación en animales pueden generalizarse de manera superficial y generar declaraciones confiables acerca del cerebro humano y el aprendizaje. Es necesario ser cauteloso. Probablemente sea mejor que los neurocientíficos y los psicólogos cognoscitivos cooperen. Los educadores y los diseñadores de políticas ganarían y contribuirían mucho, en una alianza más amplia de trabajo científico que incluya la medicina. La ciencia del aprendizaje es necesariamente transdisciplinaria.

un modelo para este proyecto y para el diálogo que ello implica, las palabras "transdisciplinariedad" y "transdisciplinario" se usarán a lo largo del texto en vez de "interdisciplinariedad" e "interdisciplinario".

<sup>7</sup> Véase el capítulo 5.

El cerebro adolescente puede verse como un "trabajo en desarrollo".<sup>8</sup> La neuroimagen ha revelado que tanto el volumen cerebral como la mielinización (un proceso de maduración de las conexiones neurales) continúa creciendo durante la adolescencia e incluso en el período del adulto joven entre los 20 y los 30 años de edad.

La conferencia también recibió informes sobre el DATH (déficit de atención/trastorno de hiperactividad), los efectos de algunas drogas en el aprendizaje, las lesiones cerebrales y las aptitudes para las matemáticas, el aprendizaje implícito y explícito, la simbolización y la estimulación mentales, la adquisición de la lectoescritura y otros temas.<sup>9</sup> Una vez más, las principales conclusiones científicas de esta conferencia se exponen con mayor amplitud en el capítulo 4.

También se alcanzaron otras conclusiones más generales. La primera relacionaba el conflicto entre la necesidad de los educadores y los diseñadores de políticas de descubrir nuevas percepciones científicas y la precaución de los científicos para no hacer suposiciones prematuras acerca del aprendizaje humano. La segunda vino de un debate muy ameno acerca de si el hecho de portar anteojos en un examen escrito representa hacer trampa. Obviamente no. Sin embargo, si una de las

<sup>8</sup> El doctor José Manuel Rodríguez-Ferrer propuso una hipótesis en la conferencia de Granada. Sugirió una forma alternativa de entender algunas de las dificultades con las cuales se enfrentan los adolescentes y adultos jóvenes al relacionar la madurez psicológica con mediciones de la madurez de la corteza prefrontal, y no atribuir las características típicas del adolescente —sociales, de comportamiento y psicológicas— a algunos posibles sustratos hormonales. Su pretensión se basa en datos de neuroimágenes que muestran que la corteza prefrontal madura con lentitud aun en aquellos entre los 20 y los 30 años de edad (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>9</sup> "¿Cómo debería informarse al público acerca de la interpretación de estos datos? ¿Cómo debería pensar la gente acerca de las contribuciones relativas de los factores genéticos y ambientales? En particular, los diseñadores de políticas deberían estar informados acerca de las estrategias cognoscitivas y las prótesis tecnológicas que pueden superar los déficits de aprendizaje, sea cual sea su base. Por ejemplo, si los hallazgos relacionados con el déficit de atención/trastorno de hiperactividad se corroboran, tienen implicaciones políticas claras para las intervenciones psicofarmacológicas" (Doctor Jim Swanson durante la conferencia de Granada). Véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*

funciones principales de la educación es seleccionar a la gente según sus capacidades y aptitudes, ¿qué tanto es apropiado emplear estas nuevas percepciones científicas para ayudar, por ejemplo, al lector lento o al mal calculador? Pocos han estado en desacuerdo con la opinión de que desarrollar en la gente aptitudes es más importante que seleccionarla. Tercera, en la conferencia predominó la idea de que el cerebro adolescente es un órgano, si no incompleto, sí inmaduro. Esta perspectiva estuvo unida a la pretensión innegable de que también se aprende a aprender.

En la conferencia se concluyó que la agenda no le ha hecho justicia a algunos temas importantes, en especial al género, la cultura,<sup>10</sup> la autoestima y la influencia de los pares. Al igual que en Nueva York, los participantes discutieron el surgimiento de una nueva ciencia del aprendizaje y confirmaron el concepto de que debe involucrarse al menos a cinco áreas: la neurociencia cognoscitiva, la psicología, la salud, la educación y el diseño de políticas. El modelo de interacción entre estas áreas constitutivas debería ser más como un círculo o una espiral ascendente<sup>11</sup> que como una calle de un solo sentido. Es tiempo de moverse hacia adelante desde la comunicación hasta la cooperación. Por ejemplo, los educadores tienen mucha experiencia con problemas que surgen en los salones de clases. Estos problemas no sólo pueden especificar agendas de investigación para los científicos, sino que las soluciones exitosas obtenidas "en el campo" pueden proveer hipótesis fuertes factibles de probarse formalmente "en el laboratorio".

Por último, la conferencia reveló varios retos para los científicos y los educadores. Si se desea ayudar al entendimiento público de la complejidad del cerebro y el aprendizaje necesitamos con urgencia un nuevo y mejor modelo que nos permita captar la conjunción entre naturaleza y crianza,<sup>12</sup> plasticidad y periodicidad, potencial y capaci-

<sup>10</sup> Subsecuentemente, estos dos aspectos se incluyeron en la conferencia de Tokio (véase más adelante y el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>11</sup> Véase el modelo transdisciplinario de Koizumi en el capítulo 5.

<sup>12</sup> El doctor Antonio Marín disertó durante la conferencia de Granada (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*) sobre la controversia naturaleza-crianza y su relación con la posibilidad de heredar la inteligencia; mencionó

dad, etcétera. También se solicitó dar un giro de los sistemas educacionales “dirigidos por el plan de estudios” a otros “dirigidos pedagógicamente”. El “cómo” del aprendizaje gobierna el “qué”.

Los participantes se preguntaron si todavía tiene sentido relacionar “habilitar” con “seleccionar” en nuestras escuelas. Quizá sea tiempo de crear dos servicios y profesiones distintas. Algunos se cuestionaron si el modelo de educación basado en la escuela y el salón de clases, el cual se deriva del ya obsoleto modelo industrial de producción del siglo XIX, era sostenible como la estrategia central para formar a los jóvenes en las sociedades del siglo XXI.

### 3.3. MECANISMOS CEREBRALES Y APRENDIZAJE EN EL ENVEJECIMIENTO: LA CONFERENCIA DE TOKIO

*Si la juventud supiera, si la vejez pudiera...*  
Henri Estienne

La tercera conferencia se llevó a cabo los días 26 y 27 de abril de 2001 en Tokio, Japón. A pesar de que la conferencia se concibió para consi-

un trabajo anterior del doctor Francis Galton en el que se estudió la frecuencia de individuos eminentes entre parientes de hombres sobresalientes. También habló sobre los efectos de distorsión del movimiento eugenésico sobre la posibilidad de heredar la inteligencia. Señaló no sólo el papel de la genética, sino también de factores del medio ambiente: el desempeño intelectual es resultado de muchos años de entrenamiento que involucra la influencia de los padres, maestros y otras personas (notablemente el aprendizaje influenciado por los pares). “Los genes que determinan los rasgos mensurables no pueden identificarse y no es posible hacer ninguna inferencia específica en función de su cantidad, forma de herencia o modo de acción”. Pero él cree que podemos esperar, con el tiempo, que la variabilidad genética de los factores biológicos que influyen en la capacidad de aprender y otros aspectos del comportamiento humano pueda ser tan extensa como la influencia de la variabilidad genética en la salud humana. Ya se observa algún progreso en este frente en los análisis experimentales con animales. Por otro lado, en los humanos, el Proyecto Genoma está encontrando mucha varianza genética. El doctor Marín terminó su charla con un llamado de cautela para no caer en un determinismo biológico ingenuo, en el cual se considera que los individuos están limitados por sus genes.

derar aspectos relacionados con los mecanismos cerebrales en la población adulta como un todo, los temas centrales resultaron ser la naturaleza del cerebro que envejece y los retos de extender y promover el funcionamiento cognoscitivo en la vejez. Hasta ahora poca investigación se ha dirigido a las necesidades de aprendizaje de los adultos que envejecen de forma normal; por ejemplo, cómo recapacitar a los maestros<sup>13</sup> o adultos en general para que usen nuevas tecnologías.<sup>14</sup> La necesidad de educación continua en la edad adulta es clara, en particular entre los profesionales, cuando uno considera los datos disponibles en el limitado “estante vital” que muestra nuevos hallazgos en las ciencias (por lo regular los hallazgos no son citados hasta después de cinco años<sup>15</sup>). Los adultos del futuro no sólo tendrán que aprender más, tendrán que desaprender más.<sup>16</sup> Mientras las investigaciones en esta área están todavía en sus inicios y todavía no se entiende lo suficiente acerca del proceso normal de envejecimiento, parece que hay una esperanza real de lograr un diagnóstico temprano e intervenciones apropiadas para diferir el comienzo o retrasar la aceleración de padecimientos neurodegenerativos en la vejez. El aprendizaje a lo largo de toda la vida parece ofrecer una estrategia particularmente efectiva para combatir la senilidad y trastornos como el mal de Alzheimer.<sup>17</sup>

La conferencia recibió informes diversos sobre trastornos asociados con el envejecimiento; estrategias para detener el deterioro y para fortalecer la capacidad de los sujetos afectados; evidencia de que la plasti-

<sup>13</sup> Doctor Eric Hamilton durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>14</sup> Mag. Wolfgang Schinagl durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>15</sup> Doctor Kenneth Whang durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>16</sup> En la conferencia de Tokio, las presentaciones del doctor Bruce McCandliss y de Andrea Volfova mostraron que la plasticidad es un arma de doble filo y puede interferir con los nuevos aprendizajes en algunos casos (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>17</sup> Pero todavía no tenemos un método confiable para detectar el mal de Alzheimer en sus estados preclínicos, tal como informaron los doctores Akihiko Takashima y Raja Parasuraman durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

cidad cerebral perdura toda la vida; la relación entre condición física y salud mental; cuestiones de la memoria y la atención; aspectos de metodología, cultura,<sup>18</sup> género<sup>19</sup> y políticas referentes a la investigación y la salud. Las conclusiones científicas más importantes de esta conferencia, como las de las otras dos, se plantean con mayor amplitud en el capítulo 4.

Si bien el alcance del debate fue muy amplio (“desde los genes hasta las aptitudes”) se sintió que se ha prestado insuficiente atención a los aspectos de la disposición: el desarrollo de actitudes y valores y los componentes emocionales de la experiencia y el aprendizaje humanos. Hubo un gran deseo de avanzar de la conversación a la cooperación y promover un nuevo programa de investigación transdisciplinario. Se mostró precaución de no generar demasiadas expectativas demasiado pronto, pero al mismo tiempo también había una esperanza real de alcanzar logros sustanciales en el largo plazo.

Se reconoció que el surgimiento de una nueva ciencia del aprendizaje ya está creando nuevos retos políticos para el avance de la ciencia, la reforma de la educación y el desarrollo de la atención de la salud. Pero éstas no pueden considerarse efectivamente de manera aislada. Se requiere una aproximación holística, la cual no será fácil de lograr.

Junto con la estimulante esperanza de mejores diagnósticos, la oposición y el remedio de la senilidad, en la conferencia se identificaron

<sup>18</sup> La influencia de la cultura puede verse desde el nivel macro y el micro. En el nivel macro, la cultura puede orientar la agenda de investigación para cuestionarse si la neurociencia cognoscitiva debería estar buscando procesos universales o si los estudios del cerebro y del aprendizaje tienen un continuo cultural y, por lo tanto más situados (Doctor Shinobu Kitayama durante la conferencia de Tokio; véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*). En un nivel más específico, se puede demostrar que las diferencias ortográficas de diversos idiomas pueden impactar el aspecto de las dificultades de lectura, en particular la dislexia, con importantes consecuencias para la manera cómo deberían estudiarse y explicarse trastornos de esta naturaleza.

<sup>19</sup> Los resultados asociados con el género son equívocos, pero han surgido datos que sostienen el concepto de cerebros “macho” y “hembra” (con algunas sugerencias acerca del aprendizaje), tal como lo sugiriera el doctor Yasumasa Arai durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

cinco oportunidades para futuros trabajos transdisciplinarios: lectura, matemáticas, género, medición de capacidades y desarrollo de una nueva profesión de enseñanza. Subyacente a todo esto estuvo la percepción de que las emociones pueden proporcionar la clave para entender cómo podríamos criar mejor a nuestros jóvenes y cuidar a los ancianos en el siglo XXI.

## El aprendizaje visto con un enfoque neurocientífico

Descubrimientos emocionantes en la neurociencia cognoscitiva y un desarrollo continuo de la psicología cognoscitiva empiezan a ofrecer vías interesantes para pensar acerca de cómo el cerebro aprende. Históricamente, tanto la teoría como el método han separado estas disciplinas. Sin embargo, con el desarrollo de nuevas tecnologías de neuroimagen, ha surgido una nueva ciencia: la neurociencia cognoscitiva. Los neurocientíficos cognoscitivos han puesto cada vez más atención en la educación como un área de aplicación de los conocimientos de la neurociencia cognoscitiva, así como una fuente importante de temas de investigación.

En este capítulo se sintetizan investigaciones de neurociencia cognoscitiva inicialmente presentadas durante las tres conferencias internacionales de la OCDE. Si bien se analizaron muchos temas individuales, aquí se presentarán los más importantes, considerados así por tener alto potencial de aplicación además de contribuir fuertemente con información significativa para el diseño de los planes de estudio, las prácticas de enseñanza y los estilos de aprendizaje. Estos temas incluyen: lectoescritura y competencias matemáticas, el papel de la emoción en el aprendizaje y el aprendizaje durante toda la vida. Pero antes de entrar en materia propiamente dicha, parece necesario presentar con brevedad, junto con algunos principios básicos de la arquitectura cerebral, las herramientas de investigación (tecnología) y las metodologías usadas hoy en día en la neurociencia cognoscitiva. Al final de este ca-

pítulo se revisarán “neuromitologías” basadas en errores populares y/o en confusiones de la ciencia.

#### 4.1. PRINCIPIOS DE LA ORGANIZACIÓN CEREBRAL Y PROCESAMIENTO NEURAL DE INFORMACIÓN

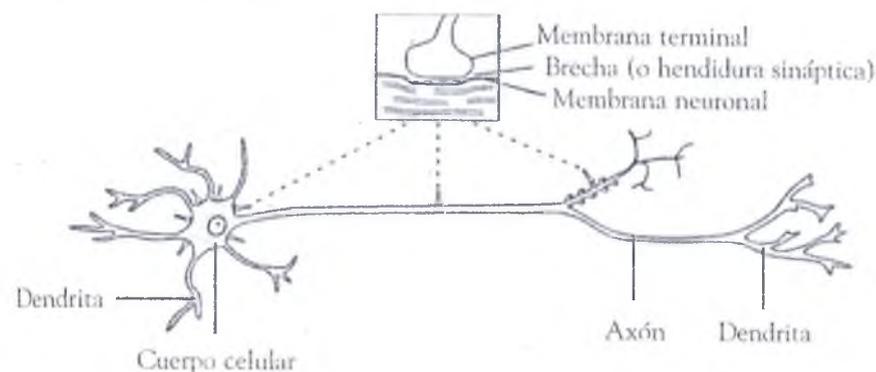
##### 4.1.1. Neuronas, estados mentales, conocimiento y aprendizaje

- El componente básico para el procesamiento de la información en el cerebro es la neurona, una célula capaz de acumular y transmitir actividad eléctrica. Hay aproximadamente 100 mil millones de neuronas en un cerebro humano y cada una puede estar conectada a otras miles, lo cual permite que las señales de información fluyan masivamente y en muchas direcciones al mismo tiempo.

En cualquier momento, una cantidad muy grande de neuronas está activa de manera simultánea y cada uno de estos llamados “patrones de actividad” corresponde a un estado mental particular. A medida que la electricidad fluye a través de las conexiones entre las neuronas (llamadas sinapsis), otro grupo de neuronas es activado y el cerebro cambia a otro estado mental. De forma contraria a los bits de computadora, que están apagados o prendidos, el nivel de activación de una neurona es una variable continua, que da paso a cambios increíblemente sutiles que desembocan en estados mentales (véase la Figura 1).

Si los estados mentales son producidos por patrones de actividad neural, entonces el “conocimiento”, definido como todo aquello que lleva el flujo cognoscitivo de un estado mental a otro, debe ser codificado en las conexiones neurales. Esto significa que el aprendizaje es alcanzado ya sea mediante el crecimiento de nuevas sinapsis o del fortalecimiento o debilitamiento de las existentes. De hecho hay evidencia de ambos mecanismos, con énfasis especial en el primero en cerebros jóvenes y en el segundo en cerebros maduros. Posiblemente valga la pena observar que incorporar cualquier aprendizaje nuevo de largo plazo a un cerebro requiere la modificación de su anatomía.

Figura 1. Diferentes tipos de sinapsis en una neurona



Nota: La sinapsis incluye la membrana neuronal, la membrana terminal y la brecha entre estas dos estructuras.

Fuente: Jean-Pierre Souteyrand para la OCDE.

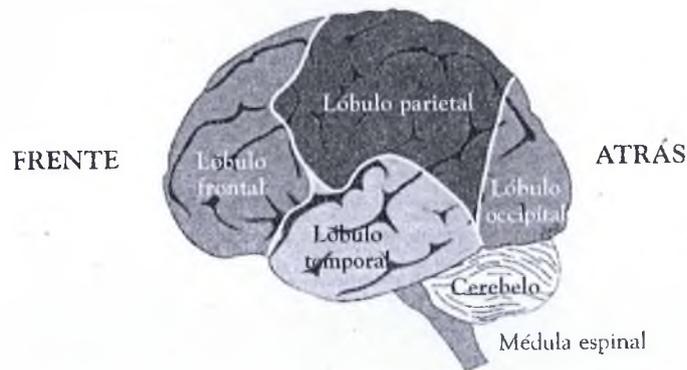
##### 4.1.2. Organización funcional

Partes diferentes del cerebro llevan a cabo actividades diferentes de procesamiento de información. Este principio de localización funcional se aplica en casi todos los niveles de la organización cerebral. El cerebro es un grupo de estructuras que se asienta en lo más alto de la médula espinal. Las estructuras inferiores se dedican a coordinar funciones corporales básicas (por ejemplo, la respiración, la digestión, los movimientos voluntarios); expresar impulsos básicos (por ejemplo, el hambre, la atracción sexual) y procesar emociones primarias (por ejemplo, el miedo). Las estructuras superiores, las cuales evolucionaron después y encima de las inferiores, están más desarrolladas en los seres humanos que en cualquier otro animal. La parte que se desarrolló más recientemente, la neocorteza, es una placa delgada de neuronas que cubre la superficie contornada del cerebro. Es donde se realiza el pensamiento y donde residen tres cuartas partes de las neuronas del cerebro humano.

La neocorteza se divide en dos hemisferios, el derecho y el izquierdo. Entre ellos una banda de fibras neurales llamado el cuerpo calloso funciona como puente, permitiendo que los hemisferios intercambien información. Cada hemisferio se divide a su vez en lóbulos los cuales

están especializados para tareas diferentes: el lóbulo frontal (al frente) se relaciona con la planeación y la acción. El lóbulo temporal (a los lados) se relaciona con la audición, la memoria y el reconocimiento de objetos. El lóbulo parietal (arriba) se relaciona con las sensaciones y el procesamiento espacial. El lóbulo occipital (detrás) se relaciona con la visión (véase la Figura 2). Estas son características muy generales, claro está, pues cada lóbulo está subdividido a su vez en redes interconectadas de neuronas especializadas para un procesamiento de información muy específico. Cualquier habilidad compleja, como sumar o reconocer palabras, depende de la acción coordinada de varias de estas redes neurales especializadas localizadas en diferentes partes del cerebro. Cualquier daño a alguna de estas redes o a las conexiones entre ellas afectará la habilidad que sostienen y para cada posible anomalía corresponde un déficit específico.

Figura 2. Principales subdivisiones de la corteza cerebral



Fuente: Jean-Pierre Souteyrand para la OCDE.

Por último, debe subrayarse que no hay dos cerebros iguales. Se encuentran diferencias individuales significativas en el tamaño total pero también, y de manera más importante, en el número de neuronas asignadas para realizar funciones particulares, o aun en la organización y localización de módulos funcionales. Debido a que la mayoría de las neuronas son funcionalmente intercambiables, la misma neurona puede ser asignada a una tarea y después reasignada a otra; esto significa

que la naturaleza, la crianza y el aprendizaje inevitablemente ayudarán a hacer a cada cerebro único y un trabajo progresivo durante toda la vida.

#### 4.2. HERRAMIENTAS DE INVESTIGACIÓN, METODOLOGÍAS E IMPLICACIONES EDUCATIVAS: EL IMPACTO DE LAS IMÁGENES CEREBRALES

Las técnicas de investigación neurocientífica varían y pueden incluir procedimientos invasivos, incluyendo la neurocirugía. Sin embargo, en la actualidad las herramientas más conocidas y usadas son tecnologías no invasivas de neuroimagen. Las herramientas para obtener imágenes cerebrales pueden dividirse en dos categorías generales, aquellas que proporcionan información *espacial* de alta resolución y aquellas que proporcionan información *temporal* de alta resolución acerca de la actividad cerebral. Entre las primeras, las más conocidas son la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf). Las técnicas TEP usan radioisótopos que detectan la actividad del cerebro mediante el monitoreo de cambios en la utilización de oxígeno, la utilización de glucosa y el flujo sanguíneo cerebral. La técnica IRMf utiliza radiofrecuencias y magnetos para identificar cambios en la concentración de hemoglobina desoxigenada. Ambas técnicas requieren que los sujetos se mantengan inmóviles para lograr una imagen precisa.

Debido a que la TEP y la IRMf proporcionan una resolución espacial de rangos milimétricos, pero en la resolución temporal sólo rangos de segundos, estas técnicas son útiles para medir cambios de la actividad cerebral durante actividades cognitivas relativamente prolongadas. Otra técnica, la Estimulación Magnética Transcraneal (EMT) se usa para crear una interrupción temporal de la función cerebral (unos cuantos segundos) con el fin de ayudar a localizar actividad cerebral en una región circunscrita del cerebro. Aun así, actividades como hacer cálculos matemáticos o leer involucran muchos procesos que ocurren en el transcurso de algunos cientos de milisegundos. Por tal razón la TEP y la IRMf pueden localizar las regiones cerebrales involucradas en la activi-

dad de lectura o matemática, pero no pueden aclarar las interacciones dinámicas entre los procesos mentales durante estas actividades.

Otro grupo de herramientas provee resolución temporal precisa en el alcance de los milisegundos, pero su resolución espacial es burda ya que proporcionan datos sólo en centímetros. Estas técnicas miden campos eléctricos o magnéticos en la superficie del cráneo durante la actividad mental. Algunas de estas herramientas son la electroencefalografía (EEG); los potenciales relacionados con eventos (PRE) y la magnetoencefalografía (MEG). La EEG y los PRE usan electrodos ubicados en áreas particulares del cráneo. Debido a la facilidad de su uso, estas técnicas suelen emplearse con éxito en los niños. La técnica MEG emplea aparatos superconductores con interferencia de quantum (ASIQ) a temperatura de helio líquido. Al utilizar estas herramientas pueden hacerse mediciones precisas, en milisegundos, de cambios en la actividad cerebral durante las tareas cognoscitivas.

Un método nuevo no invasivo de realizar imágenes de funciones cerebrales es la topografía óptica (TO), desarrollada usando espectroscopia infrarroja cercana (EIRC). A diferencia de las metodologías convencionales, puede ser útil para estudios de comportamiento debido a que las fibras ópticas flexibles permiten que el sujeto se mueva y puede construirse un sistema compacto y ligero. Este método puede aplicarse con infantes y con adultos. La observación del desarrollo temprano en una escala de tiempo de un mes proveerá información acerca de la arquitectura del sistema de procesamiento neuronal en el cerebro. La topografía óptica puede tener implicaciones importantes para el aprendizaje y la educación.<sup>1</sup>

Realizar investigación efectiva en la neurociencia cognoscitiva requiere una combinación de estas técnicas para proporcionar información sobre la ubicación espacial y los cambios temporales en la actividad del cerebro asociados con el aprendizaje. Al hacer la liga con los procesos de aprendizaje, es importante para el neurocientífico obte-

<sup>1</sup> Koizumi, H. *et al.* (1999). "Higher-order brain function analysis by transcranial dynamic near-infrared spectroscopy imaging", en *Journal Biomed. Opt.*, Vol. 4, portada y pp. 403-413.

ner operaciones cognoscitivas básicas y análisis finamente detallados con el fin de hacer un uso poderoso de las herramientas generadoras de imágenes cerebrales. Entre las disciplinas asociadas con el aprendizaje, los rangos y análisis finos por lo general se obtienen por medio de estudios desarrollados por la ciencia cognoscitiva o por la psicología cognoscitiva y, hasta el momento, en estudios de procesamiento visual, memoria, lengua, lectura, matemáticas y solución de problemas.

Otras opciones de investigación disponibles para los neurocientíficos incluyen el examen de cerebros durante las autopsias (por ejemplo, para medir la densidad sináptica) y en algunos casos raros trabajar con ciertas poblaciones médicas, como aquellas que padecen epilepsia (para aprender acerca de los procesos cerebrales de las personas que han sufrido daño o lesiones cerebrales debido a alguna enfermedad o herida<sup>2</sup>). Algunos neurocientíficos estudian niños que sufren del síndrome alcohólico fetal o del síndrome de Fragilidad X y otros estudian el deterioro cognoscitivo

<sup>2</sup> El doctor Luis Fuentes se refirió durante la conferencia de Granada (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*) al problema de vincular las teorías neurales de la mente con las funciones cognoscitivas del cerebro, y a un acercamiento al estudio del aprendizaje que valora la descomposición de las tareas y se enfoca en el estudio de tareas cognoscitivas simples que se cree involucran la orquestación de operaciones básicas localizadas en el cerebro. Durante los últimos 40 años estos métodos se han usado para estudiar cómo la gente lee, escribe, visualiza, reconoce objetos y así sucesivamente. El estudio de pacientes con lesiones cerebrales ha sustentado el concepto de que partes diferentes del cerebro desempeñan acciones diferentes. Por ejemplo, pacientes agnósticos visuales tienen dificultad para reconocer caras completas mientras que otras habilidades visuales no están afectadas. Algunos pacientes reconocen ejemplares de una categoría semántica específica pero no reconocen otros. El doctor Fuentes opina que la evidencia que se ha acumulado requiere que los sistemas cognoscitivos complejos se dividan en dos operaciones básicas: "En primer lugar estudios en primates, y luego estudios con pacientes con lesiones en la corteza parietal, demuestran que el estado de conciencia depende de la orquestación de tres operaciones diferentes involucradas en cambiar la atención: la desconexión, el movimiento y la conexión de la atención, desempeñadas respectivamente por el lóbulo parietal posterior, el *colliculus* superior y el núcleo pulvinar del tálamo. Cuando los pacientes presentan una lesión en cualquiera de estas partes del cerebro, desatienden el estímulo que se presenta en el lado contrario a la lesión. En otras palabras, pierden conciencia de la información presentada a esa parte del espacio visual a pesar [del hecho de que ésta] no tienen ningún otro problema de visión".

que prevalece durante el principio del mal de Alzheimer o la depresión senil. Otros estudian los cerebros de los primates o de otros animales, como ratas o ratones, con el fin de entender mejor cómo funciona el cerebro de los mamíferos humanos. En el pasado, sin contar con técnicas de imagen cerebral, era difícil obtener evidencia neurocientífica directa del aprendizaje en la población humana general saludable.

Otra limitación es que no se ha aplicado un conjunto de tareas bien entendidas para impulsar el desarrollo del aprendizaje en poblaciones humanas normales a lo largo de toda su vida. Se ha realizado mucho trabajo en cuanto al aprendizaje en la niñez temprana, poco en relación con el aprendizaje del adolescente y aún menos con respecto al aprendizaje del adulto. Sin una directriz básica del desarrollo cognoscitivo normal es difícil entender cualquier ocurrencia patológica en el aprendizaje.

Entender tanto el poder y las limitaciones de la tecnología de la neuroimagen como la necesidad de realizar protocolos cognoscitivos rigurosos es el primer paso para intentar identificar cómo la neurociencia cognoscitiva puede guiar a la educación, en un momento dado, a la formación de planes de estudio basados en el cerebro. Hallazgos recientes comienzan a mostrar que eventualmente la educación surgirá en el cruce de los caminos de la neurociencia cognoscitiva y la psicología cognoscitiva junto con análisis pedagógicos sofisticados y bien definidos. En el futuro, la educación será transdisciplinaria, con intersecciones de diferentes campos que emergen para producir una nueva generación de investigadores y especialistas educativos partidarios de formular cuestionamientos significativos en lo que respecta a la educación.

Los métodos actuales de investigación en la neurociencia cognoscitiva necesariamente limitan los tipos de preguntas que se plantean. Por ejemplo, preguntas del tipo de "¿Cómo aprenden los individuos a reconocer las palabras escritas?", son más manejables que las del tipo de "¿Cómo comparan los individuos los temas de narraciones diferentes?". Esto se debe a que la primera pregunta se orienta a estudios donde el estímulo y la respuesta pueden ser fácilmente controlados y comparados con otra actividad. De esa manera, al referirse a modelos cognoscitivos ya conocidos se hace entendible. La segunda involucra demasiados factores que no pueden separarse debidamente durante las pruebas experimentales. Por esta razón, el tipo de tareas educativas

favorecidas por la sociedad seguirá siendo más complejo que los que podrían ajustarse a la neurociencia cognoscitiva.<sup>3</sup>

Los investigadores también acentúan la necesidad metodológica de hacer pruebas para el aprendizaje no sólo inmediatamente después de una intervención educativa (lo cual es común en la práctica actual) sino también en ciertos intervalos de ahí en adelante, en especial en el caso de comparaciones entre distintas edades.<sup>4</sup> Estos estudios longitudinales llevan los proyectos de investigación fuera del laboratorio hacia situaciones de la vida real, lo cual clarifica hasta qué punto los resultados pueden ser interpretados y utilizados para la educación.

Cuando se intenta entender y analizar datos científicos, es importante mantener estándares críticos al juzgar las pretensiones de la neurociencia cognoscitiva y sus implicaciones educativas. Algunos puntos a considerar son:

- El estudio original y su propósito principal.
- Si el estudio es único o forma parte de una serie.
- Si el estudio involucró un resultado de aprendizaje.
- La población utilizada.<sup>5</sup>

En fechas recientes se ha vuelto a destacar<sup>6</sup> la importancia de desarrollar una comunidad crítica informada para el progreso de la ciencia (que llegue a consensos, con el tiempo, sobre la base de deducciones y evidencias de las aspiraciones científicas). Es crucial el desarrollo de tal comunidad (compuesta por educadores, psicólogos cognoscitivos, neurocientíficos cognoscitivos y diseñadores de políticas, etcétera) en torno a las ciencias emergentes del aprendizaje. Para que esa comunidad se desarrolle, es ne-

<sup>3</sup> Doctor Barry McGaw, durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*)

<sup>4</sup> Doctores Raja Parasuraman y Art Kramer durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*)

<sup>5</sup> Al usar primates humanos o primates no humanos es de la mayor importancia, cuestionarse sobre la representatividad de la muestra y preguntarse en qué poblaciones son aplicables sus propuestas.

<sup>6</sup> En un informe del Consejo Nacional de Investigación de Estados Unidos sobre Investigaciones Científicas en Educación ([www.nap.edu](http://www.nap.edu)).

cesario un juicio crítico apropiado en lo que se refiere a las pretensiones "basadas en el cerebro" acerca del aprendizaje y la enseñanza. Los diseñadores de políticas educativas, integrados a esta comunidad, participarían de una manera más exitosa en la concepción de un plan de estudios apropiado basado en el cerebro si se toma en cuenta lo siguiente:

- a) La popularidad de una pretensión neurocientífica no necesariamente implica su validez.
- b) La metodología y la tecnología de la neurociencia cognoscitiva son todavía actividades en progreso.
- c) El aprendizaje no está completamente bajo control de la conciencia o de la voluntad.
- d) El cerebro sufre cambios naturales en su desarrollo a lo largo de la vida.
- e) Mucha de la investigación en la neurociencia cognoscitiva se ha dirigido a entender o atender las patologías o enfermedades relacionadas con el cerebro.
- f) Una ciencia adecuada del aprendizaje considera los factores emocionales y sociales además de los cognoscitivos.
- g) Si bien la educación basada en la ciencia del aprendizaje y en el cerebro apenas empieza, se han alcanzado logros importantes.

Hay datos amplios en el nivel psicológico (tomados sobre todo de estudios bien formulados sobre psicología cognoscitiva) que sirven como lecciones para el aprendizaje y la enseñanza.<sup>7</sup> Datos de la neurociencia cognoscitiva pueden ayudar a mejorar hipótesis, disminuir la ambigüedad de las pretensiones y sugerir direcciones para la investigación.<sup>8</sup> En otras palabras, una contribución importante de la neurociencia cognoscitiva a una ciencia emergente del aprendizaje puede imbuir la discipli-

<sup>7</sup> Tal como el doctor Bruer señaló durante la conferencia de Granada (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>8</sup> Al hablar acerca del debate sobre la existencia y características del aprendizaje implícito *versus* el explícito y su relación con la instrucción, durante la conferencia de Granada (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*), el doctor Pio Tudela ilustró cómo la investigación de la neurociencia cognoscitiva podría usarse para ayudar a clarificar y explicar el debate entre los psicólogos cognosci-

na con un escepticismo científico hacia propuestas libres y apoyo sin pruebas, acerca de cómo mejorar el aprendizaje y la enseñanza.

Pero el escepticismo hacia algunas pretensiones actuales de las bases neurocientíficas del aprendizaje no debe fomentar el cinismo acerca de los beneficios potenciales de la neurociencia cognoscitiva para la educación. En verdad, los datos que surgen acerca de la plasticidad cerebral son estimulantes. De cualquier forma no es factible que la evidencia de las pretensiones acerca del aprendizaje provenga sólo de los estudios neurocientíficos. En el futuro, mejores tecnologías de imágenes cerebrales y protocolos de aprendizaje más sofisticados nos permitirán aclarar más estos aspectos.

### 4.3. LECTOESCRITURA Y COMPETENCIA MATEMÁTICA

#### 4.3.1. Aprendizaje de la lengua

En la conferencia de Nueva York, la lectoescritura incluyó el aprendizaje de la lengua y de la lectura, pues en estas áreas la neurociencia cognoscitiva puede ofrecer perspectivas y mejoramiento de problemas como el aprendizaje de una segunda lengua y la dislexia. La doctora Helen Neville observó que aprender una segunda lengua requiere comprensión y producción y, de acuerdo con ello, el dominio de diversos procesos. Dos de ellos,<sup>9</sup> el procesamiento gramático y el semántico, de-

tivos acerca de la existencia y características de los sistemas disociables de aprendizaje en los humanos. Cuando una persona aprende sobre el medio ambiente sin proponérselo y aprende de tal manera que el conocimiento resultante es difícil de expresar, a este proceso con frecuencia se le llama "aprendizaje implícito". Por el contrario, al aprendizaje en el cual se presta atención intencional a la codificación del conocimiento y en el que la recuperación es más conciente se le llama "aprendizaje explícito". El doctor Tudela mostró que los resultados de los estudios neuropsicológicos (investigación efectuada con pacientes amnésicos, con mal de Parkinson y con mal de Huntington) y los experimentos usando técnicas de neuroimagen indicaron que diversos circuitos neurales apoyan el aprendizaje implícito en contraste con el explícito.

<sup>9</sup> Dos procesos principales se mencionan aquí; sin embargo, la lengua involucra otros procesos, mencionados por la doctora Neville, entre los cuales están la comprensión del contexto y del propósito, la prosodia y la fonología (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

penden de diferentes sistemas neurales dentro del cerebro. El procesamiento gramático involucra más regiones frontales del hemisferio izquierdo, mientras que el proceso de la semántica (como aprender el vocabulario) activa las regiones posteriores laterales de ambos hemisferios. La lengua en general no es procesada por una sola región del cerebro sino por sistemas neurales diferentes localizados en todo el cerebro. Esto es interesante para las aplicaciones educativas: la identificación de las regiones cerebrales implicadas en procesar el lenguaje permite comprender el impacto sobre estos subsistemas del retraso de la exposición a una segunda lengua.<sup>10</sup>

La investigación ha demostrado que cuanto más tarde se aprende la gramática, más activo se muestra el cerebro (más actividad cerebral significa casi siempre que el cerebro encuentra la tarea más difícil de procesar: por ejemplo, en una tarea de reconocimiento de palabras los lectores expertos mostrarán menos activación cerebral que los lectores novatos). En lugar de procesar la información gramatical únicamente con el hemisferio izquierdo, los que aprenden tarde procesan la misma información con ambos hemisferios. El cambio en la activación cerebral indica que el retraso en la exposición a la lengua hace que el cerebro use estrategias diferentes cuando procesa la gramática. Estudios confirmatorios mostraron además que los sujetos que tuvieron esta activación bilateral en el cerebro enfrentaban mucha más dificultad para usar la gramática de manera correcta. En otras palabras, la activación cerebral bilateral, en este caso, tal vez indica una mayor dificultad para aprender (lo cual es confirmado por la experiencia común).

En relación con el aprendizaje de una segunda lengua, cuanto más temprano se exponga al niño a ella, tanto más fácil y rápido dominará la gramática. Sin embargo, el aprendizaje semántico puede continuar por toda la vida —y de hecho lo hace— y no está limitado en el tiempo. La investigación sobre el aprendizaje de la gramática es un ejemplo de un período sensible del aprendizaje como de uno dependiente de la

<sup>10</sup> En casos extremos el retraso también puede ocurrir al adquirir la primera lengua, cuando a los niños no se les habla directamente o cuando su expresión verbal es ignorada.

experiencia. La eficiencia y la destreza no se pierden necesariamente, pero se le dificultan más al aprender tardío, debido a que la experiencia pertinente no se recibió dentro del tiempo definido biológicamente.

Una política de educación clara derivada de esta área de investigación es que si se aprende una segunda lengua (cuya gramática difiere marcadamente de la lengua nativa; por ejemplo aprender inglés para quien habla francés como lengua nativa) después de los 13 años de edad, es muy probable que el dominio de la gramática de esta lengua sea pobre. Este resultado no coincide con las prácticas educativas de numerosos países en los cuales el aprendizaje de una segunda lengua empieza aproximadamente a los 13 años de edad. Otra política educativa poderosa derivada de esto es que si es posible identificar qué subsistema(s) del cerebro está(n) sujeto(s) a períodos sensibles limitados y cuál(es) no, el desarrollo e instrumentación de programas sensibles de educación y de rehabilitación podrían convertirse en una meta para los diseñadores de políticas educativas. Una cosa es saber, de manera general, que aprender una lengua en forma tardía suele ser más difícil y otra establecer esto de tal forma que las decisiones de la política educativa pública puedan basarse en ello. Cualquier decisión sobre política pública relacionada con el aprendizaje de una segunda lengua y cualquier corrección (por ejemplo, mejorar el aprendizaje de la lengua para aprendices tardíos) tendría que tomar en cuenta la forma en que el cerebro procesa la lengua con el fin de asegurar la efectividad.

Como ocurre a menudo en la ciencia, los supuestos establecidos son algunas veces cuestionados y éste es el caso del aprendizaje de una segunda lengua en adultos. Se sabe que los hablantes nativos de japonés tienen grandes dificultades para distinguir entre los sonidos *r* y *l* (por ejemplo, en las palabras “ratón” y “latón”). El hecho de que estas dificultades persistan durante muchos años después de vivir en un país de habla hispana sustenta la idea de que debe haber un “período sensible” para la adquisición de contrastes fonéticos.<sup>11</sup> El problema con esta

<sup>11</sup> Como la doctora Neville mencionó durante la conferencia de Nueva York en apoyo de “un período sensible” para la fonología (o el proceso mediante el cual los sonidos de la lengua son percibidos, producidos y combinados): “Cuando usted oye a

idea, según el doctor Bruce McCandliss, es que podría generar la deducción errónea de que las deficiencias en el aprendizaje se vuelven permanentes fuera del período sensible. Para demostrar que éste no era el caso y que en este campo puede ocurrir nuevo aprendizaje en adultos, se desarrolló una investigación donde los sonidos del lenguaje para r y l se modificaron a tal grado (con exageración) que los nativos japoneses pudieron percibirlos como estímulos distintos. Con entrenamiento de corto plazo, los sujetos fueron capaces de aplicar esta capacidad al oír un discurso no modificado. Resultados complementarios con neuroimágenes proporcionaron evidencia inicial de que tal entrenamiento impacta las mismas regiones corticales generales implicadas en la percepción del habla en la lengua nativa.

#### 4.3.2. Aptitud para lectura

Cuando los niños llegan a la escuela en cualquier momento entre los 4 y los 7 años de edad, ya son expertos en el reconocimiento visual de objetos y en convertir estímulos de sonido en representaciones del lenguaje. Han especializado conexiones neurales para estas habilidades, las cuales están genéticamente programadas. Además, dominan por completo la sintaxis y la comprensión de frases, así como los contextos de frases complejas. Diversos mecanismos cerebrales se activan cuando ocurre el cambio entre la dificultad de pronunciar las palabras y su reconocimiento automático, o aprender a leer.

Se trata de una perspectiva primordial para la educación pues puede tener implicaciones importantes para intervenciones dirigidas a lectores jóvenes y adultos con problemas para reconocer palabras. Por lo general, cuando los niños en edad escolar no leen adecuadamente se piensa que padecen un trastorno llamado dislexia. Al menos una región del cerebro parece ser fundamental para distinguir al lector disléxico. Esta región, el giro temporal superior izquierdo, se ocupa de la estructura sonora de las palabras en el nivel de los fonemas. Investigar

alguien hablar su propio idioma con acento extranjero, puede estar seguro de que él (o ella) lo aprendió después de los 12 años de edad" (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, Op. cit.).

dores han encontrado que los niños de 10 años de edad con dislexia no logran activar esta región cerebral de manera normal durante las tareas asociadas con la lectura y las habilidades fonológicas. En lugar de ello estos lectores muestran una actividad mayor que la normal en la región frontal de su cerebro, lo cual puede reflejar sus intentos para compensar el déficit. Con los estudios en proceso sobre la dislexia, neurocientíficos y educadores por igual comienzan a entender por qué niños considerados con inteligencia normal todavía no pueden leer, o al menos experimentan dificultades importantes para aprender a hacerlo.

Un impulso inicial al descubrir que una dificultad de aprendizaje se debe a un "problema en el cerebro" es considerar que no tiene remedio con recursos educativos solamente. Sin embargo, uno puede darle la vuelta a esta idea y considerar que cuando, gracias a las herramientas de la neurociencia cognoscitiva, se logra entender de manera suficiente la separación de una habilidad en sus distintos pasos de procesamiento de información y sus módulos funcionales pueden visualizarse programas correctivos eficientes. Esto es precisamente lo que hicieron los doctores Bruce McCandliss e Isabelle Beck en el caso de la dislexia, construyendo sobre los componentes intactos de las aptitudes para lectura de los niños disléxicos para lograr un nuevo método de enseñar a pronunciar las palabras. Y, por supuesto, ese entendimiento profundo de cómo puede dividirse una habilidad en procesos cognoscitivos separados puede también ayudar a proyectar mejores métodos para enseñar a los niños con dificultades.

Al usar su "Método de Construcción de Palabras" los doctores McCandliss y Beck mostraron que los niños disléxicos son capaces de aprender a leer. Ayudar a los niños a generalizar desde sus experiencias de lectura les permite transferir lo que han aprendido acerca de palabras específicas a nuevas palabras del vocabulario. Estas habilidades involucran decodificación alfabética y construcción de palabras y con ellas los niños con dificultades para leer podrán pronunciar progresivamente una cantidad de palabras cada vez más amplia. Este método les enseña que con un pequeño grupo de letras puede formarse un grupo grande de palabras. Ya que muchos niños en edad escolar tienen dificultad para leer, atender este problema posibilita que esta porción sustancial de estudiantes se involucre en el más fundamental de los in-

tercambios lingüísticos y disminuye sus posibilidades de marginación en la sociedad. Otros investigadores, entre quienes destacan los doctores Paula Tallal y Michael Merzenich, informaron de hallazgos semejantes con una técnica diferente. Aunque estos resultados son de alguna manera controvertidos, su método parece ayudar al menos a algunos niños. Sin embargo, el punto clave no es si un método disponible en particular funciona mejor que otros. Más bien, notamos que la maquinaria teórica y metodológica existe para atacar el problema, y claramente se está logrando progresar. Muchos, por ejemplo el doctor Emile Servan-Schreiber, predicen que el estudio y tratamiento de la dislexia será una de las mayores "historias de éxito" de la neurociencia cognoscitiva en un futuro relativamente cercano.

#### 4.3.3. Aptitud para matemáticas

El pensamiento matemático, que incluye la forma como los humanos piensan y manipulan números, casi siempre es difícil para los niños que entran a la escuela. Sin embargo, de acuerdo con el doctor Stanislas Dehaene, los infantes tienen un sentido innato para los números y esto fundamenta una teoría de los números básicos. La parte del cerebro responsable de esta capacidad, el sulco intraparietal, se especializa en representar números en forma de cantidad y permite a los niños entender la diferencia entre "mucho" y "poco". Aprender matemáticas en la escuela impulsa a los niños a exceder sus habilidades innatas de cálculo, a distinguir entre números diferentes y a desempeñar operaciones y manipulaciones aritméticas.

Investigaciones recientes en el aprendizaje de las matemáticas y la neurociencia cognoscitiva han demostrado que el cerebro involucra diferentes regiones para cumplir tareas diferentes de matemáticas.<sup>12</sup> El

<sup>12</sup> Como fue informado por el doctor Diego Alonso durante la conferencia de Granada, tanto los estudios de comportamiento como los de neuroimágenes sugieren que para el procesamiento exacto de la aritmética se usa el lóbulo frontal izquierdo (una región usualmente activa durante las tareas de memoria verbal). Por otro lado, las estimaciones aritméticas involucran a los lóbulos parietales inferiores izquierdo y derecho (áreas asociadas con tareas visuales y espaciales). La corteza prefrontal y la

Modelo del Código Triple<sup>13</sup> sostiene que para tres manipulaciones de números básicos hay tres áreas diferentes del cerebro involucradas. Cuando se observa un dígito visual, por ejemplo el "3", se activa el giro fusiforme. Cuando se oye o se lee el número como una palabra: "tres", se activa el área perisilviana y cuando se entiende un número como una cantidad, por ejemplo, "3 es mayor que 1", los lóbulos interparietales entran en acción. Esta investigación permite a científicos y educadores darse cuenta de que los hemisferios cerebrales trabajan juntos más que separados.<sup>14</sup> Sin embargo, lesiones cerebrales o cualquier tipo de trauma que lleve a formar redes desorganizadas en el cerebro pueden producir un trastorno llamado acalculia o discalculia (la incapacidad de calcular) donde las áreas cerebrales detalladas más arriba no se involucran de forma normal. En específico, niños y adultos con este trastorno no pueden entender el significado cuantitativo de los números. Por ejemplo, no serían capaces de realizar cálculos tan simples como 3 menos 1 o entender qué número está entre el 2 y el 4. En otras palabras, han perdido el concepto espacial de la cantidad.

Además del daño cerebral o los trastornos, los investigadores proponen que podría haber al menos dos causas diferentes de las dificultades matemáticas. Una causa posible es que alguna red, como la que está asociada con la cantidad, esté dañada o desorganizada, dificultan-

la corteza cingulada anterior desempeñan un papel importante durante los cálculos complejos al controlar estrategias no automatizadas. Sin embargo, debe observarse que en los procesos matemáticos otras partes del cerebro están involucradas además de las mencionadas. En una nota más especulativa, el doctor Alonso señaló las investigaciones de los doctores George Lakoff y Rafael Núñez que sugiere posibilidades de trabajo futuras para la neurociencia cognoscitiva: ¿en qué medida usa la gente esquemas con imágenes (esto es, relaciones espaciales como retención, contacto, centro-periferia, etcétera) y metáforas conceptuales (mapeo de temas cruzados preservando estructuras inferenciales) para crear y entender las matemáticas? (véase el Informe de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>13</sup> El modelo cerebral del doctor Dehaene describe un sistema de áreas del cerebro que están activas cuando los niños aprenden o realizan operaciones aritméticas. Para mayor información véase Dehaene, S., E. Spelke, P. Pinel, R. Stanescu, y S. Tsivlin (1999). "Sources of mathematical thinking: Behavioural and brain imaging evidence", en *Science*, Vol. 284, Núm. 5416, pp. 970-974.

<sup>14</sup> Véase: "Especialización o predominio hemisférico" en el párrafo 4.6.2.

do a la persona acceder a la información relacionada con la inclusión de los números. Otra causa, tal vez más común, es que los niños tienen todavía que aprender a conectar una representación de cantidad tanto con símbolos visuales como verbales. Esto puede ser difícil de lograr para ellos, puesto que el pensamiento simbólico o las transformaciones vienen con la experiencia, educativa y cultural.

Como en el caso previo de dislexia, el modelo neurocientífico cognoscitivo del doctor Dehaene provee una división de la tarea de las aptitudes para matemáticas que puede usarse para concebir o validar las aproximaciones pedagógicas. En particular, la disociación entre las representaciones cuantitativas y el sistema verbal sustenta la posibilidad de un pensamiento sin lenguaje, lo cual significa que el material pedagógico que destaca objetos espaciales o concretos como metáforas de los números, tal como la metáfora de una línea de números o el ábaco asiático, podría adaptarse particularmente bien para enseñar el sentido de los números. Para ilustrar la eficacia de enseñar matemáticas al acceder al sistema de representación de la cantidad, el Programa para Iniciar Correctamente<sup>15</sup> enseña habilidades aritméticas básicas como contar, correspondencia entre número y cantidades y el concepto de línea numérica. El programa enseña a los niños una analogía espacial de los números utilizando objetos físicos como el juego de "serpientes y escaleras".<sup>16</sup> Este tipo de entrenamiento ha logrado avances correctivos a tal grado que, después de pasar por 40 sesiones de 20 minutos cada una, algunos de estos niños comenzaron a sobrepasar a niños con desarrollo normal en la clase de matemáticas.

<sup>15</sup> El Programa para Iniciar Correctamente, véase Dehaene, S. (1997). *The Number Sense*, Oxford University Press, Getty Center for Education and the Arts.

<sup>16</sup> Éste es originalmente un juego de mesa asiático llamado Parchís y un juego de moralidad (con escaleras que llevan a niveles superiores para lo bueno y con serpientes que impiden el acceso a estos niveles superiores). El juego todavía existe en Occidente y Oriente, pero se ha convertido en un juego para utilizar las propias habilidades matemáticas para ganar la mayor cantidad de puntos.

## 4.4. EMOCIONES Y APRENDIZAJE

### 4.4.1. El cerebro emocional

En el pasado, cuando se analizaban los objetivos para la educación, la mayor parte de la discusión se centraba en cómo alcanzar destreza cognoscitiva mediante la lectura, la escritura y las competencias matemáticas. Sin embargo, los científicos comienzan a darse cuenta por medio de experimentos de lo que los educadores han visto en las escuelas: las emociones son en parte responsables de la destreza cognoscitiva general presente en niños y adultos y, por lo tanto, es necesario tratarlas más a fondo. La educación y la crianza de los niños interactúan profundamente con el desarrollo de su cerebro y de su pericia natural. Esto es particularmente importante si se toman en cuenta los aspectos de la educación donde la competencia emocional o la flexibilidad son importantes. Es también lo que el doctor David Servan-Schreiber menciona como importante en la maduración de un ciudadano responsable. Algunos investigadores se preguntaron si el sistema educativo puede adaptarse al nutrimento de la competencia emocional. En la actualidad, estos aspectos relativos a la personalidad no se incluyen en los sistemas escolares o en las políticas educativas como variables educativas explícitas en las cuales haya que concentrarse. Al descubrirse la base neural de estas variables de personalidad, la neurociencia cognoscitiva puede contribuir a hacerlas más explícitas y potencialmente entendibles, permitiendo una evolución de los sistemas educativos hacia la enseñanza de la competencia emocional y de autorregulación. Un beneficio importante para las políticas educativas sería una mayor precisión y comprensión de cómo este tipo de autorregulación se desarrolla en los niños y cómo su desarrollo se relaciona con la maduración de los sistemas neurales subyacentes.<sup>17</sup>

La neurociencia cognoscitiva contemporánea proporciona las herramientas para realizar análisis minuciosos de los componentes de los procesos que subyacen en las tareas específicas. Tales análisis se han enfocado

<sup>17</sup> Véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*

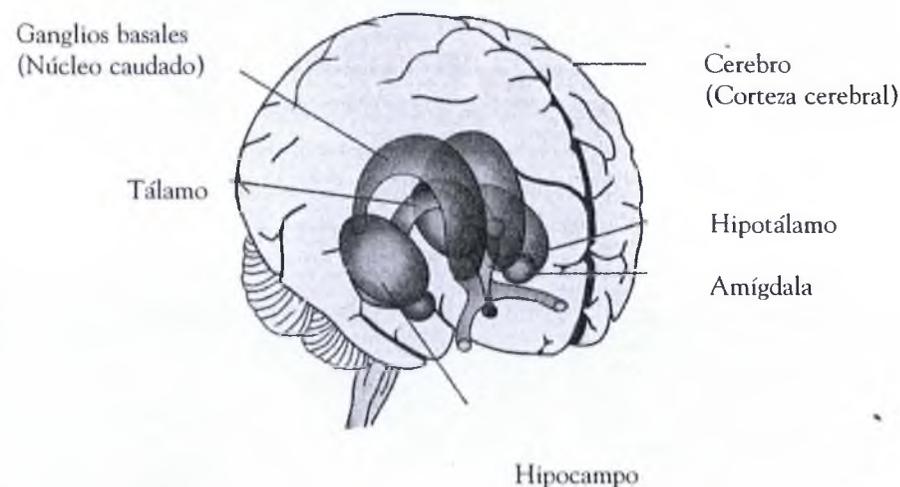
tradicionalmente en los aspectos cognoscitivos del aprendizaje. Análisis similares en las áreas emocionales o afectivas han sido rechazados, debido a que aún no se ha reconocido su papel en la función cognoscitiva exitosa. Así, la información sobre esta área está dispersa e incompleta. La falta de mediciones y de fundamentos teóricos limita el progreso del estudio de la regulación emocional en la práctica educativa.

Si bien hace falta investigación neuropsicológica sobre la regulación emocional, los científicos han establecido los componentes biológicos de la expresión emocional. De manera fundamental, dentro del cerebro humano hay una serie de estructuras conocidas colectivamente como el sistema límbico (véase la Figura 3). Las estructuras principales de este sistema son la amígdala y el hipocampo. A esta región del cerebro se le ha llamado también el “cerebro emocional” y tiene conexiones con la corteza frontal. Cuando estas conexiones resultan dañadas debido a la tensión y o al miedo,<sup>18</sup> el juicio social sufre, así como el desempeño cognoscitivo, porque los aspectos emocionales del aprendizaje, incluyendo las respuestas ante la recompensa y el riesgo, están en dificultades. He aquí un ejemplo de cuándo la interacción entre las partes emocionales y cognoscitivas del cerebro están afectadas: a un contador de Iowa previamente muy exitoso e inteligente (de acuerdo con criterios tradicionales; tenía un CI de 130), estudiado por el doc-

<sup>18</sup> Sobre este tema emocional específico, el doctor Joseph LeDoux presentó, durante la conferencia de Nueva York, trabajos recientes sobre la amígdala. Esta estructura tiene un papel crucial para procesar la emoción del miedo. Su investigación identificó redes cerebrales específicas que generan la emoción del miedo. Otras emociones pueden ser producto de distintas redes cerebrales, tal vez no relacionadas con el sistema del miedo. La capacidad de detectar y responder de inmediato al peligro se debe a la amígdala (al menos en parte, puesto que ésta también tiene otras contribuciones emocionales). La amígdala interrumpe la acción o el pensamiento para impulsar una rápida reacción corporal crucial para la sobrevivencia. Aunque este ejemplo puede parecer muy alejado de una situación educativa, la neurociencia del miedo ha establecido varios datos que son fundamentales para entender el papel de la emoción en la educación. Esta función de interrupción en el contexto escolar podría explicar algunas distracciones. La tensión y el miedo en el salón de clases pueden afectar la capacidad de aprender al reducir la capacidad de poner atención a la tarea de aprendizaje debido a las demandas corporales y emocionales implicadas en el sistema del miedo.

tor Antonio Damasio, le fue extraída una parte del cerebro debido a una lesión; en específico, se rompió la comunicación entre las partes cognoscitiva y emocional de éste. Después de la cirugía continuó teniendo un CI muy por encima del promedio por varios años, durante los cuales estuvo bajo vigilancia médica. Sin embargo, su criterio social resultó tan dañado que perdió su empleo, no logró conservar otro, participó en varios negocios turbios y por fin se divorció de su esposa con quien estuvo casado 17 años para volverse a casar con una mujer pudiente considerablemente mayor a quien describió como “una socialité que envejecía”. Este ejemplo describe un caso extremo de la pérdida de criterio social. Más importante para el proceso de educación es el hecho de que este individuo conservó su CI muy por encima del promedio *después* de la operación.<sup>19</sup>

Figura 3. Estructura interna del cerebro humano y del sistema límbico



Fuente: Adaptado por Jean-Pierre Souteyrand de Thompson, R. F. (1993). *The Brain: A Neuroscience Primer*, W. H. Freeman and Co., Nueva York.

<sup>19</sup> Explicado por el doctor David Servan-Schreiber. Véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*

Todos los ambientes sociales, en particular los de la escuela y el trabajo, requieren que los niños adquieran "competencia emocional" para funcionar adecuadamente. La competencia emocional incluye, pero no se limita a la capacidad de estar conciente de uno mismo, tener autocontrol y compasión, la capacidad de resolver conflictos y de cooperar con otros. Tal como lo señaló el doctor Masao Ito, con el cerebro emocional los humanos son capaces de tomar en cuenta el valor de la información recibida, algo que distingue a los humanos de otros mamíferos.<sup>20</sup>

En el aspecto psicológico, se sabe que el proceso emocional es rápido, automático, no es filtrado por la atención y corresponde a lo que algunos han descrito como impulsivo. De hecho, aspectos de este proceso emocional construyen el temperamento o la personalidad de un individuo. Éstos suelen escapar a la instrucción cognoscitiva normal pero son importantes cuando se enfrentan situaciones educativas nuevas. Algunos niños en situaciones nuevas manifiestan miedo, algunos frustración, mientras que otros muestran emociones positivas. Investigaciones sobre la amígdala y el manejo de las emociones permiten a los investigadores entender la complejidad de lograr la competencia emocional y su relación con el establecimiento de la comunicación entre las partes emocionales y cognoscitivas del cerebro. Con la investigación en curso, los neurocientíficos pueden demostrar que el procesamiento emocional puede impulsar o impedir el proceso educativo. Al menos algunos aspectos de tal procesamiento emocional pueden ser innatos y no cambiar fácilmente por circunstancias ambientales. Por ello, un objetivo de los procesos educativos será descubrir la forma de trabajar de manera efectiva con estudiantes que tienen estilos emocionales diferentes.

<sup>20</sup> De acuerdo con el doctor Ito (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*), desde el punto de vista de la educación, una función importante de la "valencia emocional" o competencia es la de facultar al ser humano desde la niñez con la posibilidad de evaluar una situación dada. El cerebro emocional nos convierte en más que "simples computadoras que procesan información, porque nos capacita para manejar y tomar en cuenta el valor de la información lo que nos permite experimentar sentimientos o sentido de lo hermoso".

#### 4.4.2. Regulación emocional y simbolización

Investigadores como el doctor Stephen Kosslyn desarrollan experimentos que muestran que el cerebro emocional tiene también conexiones con las áreas perceptivas del cerebro. Una de esas partes del cerebro, el lóbulo occipital, no sólo está involucrada en la percepción sino también en la simbolización mental o visualización. La investigación con neuroimagen ha mostrado repetidamente que el acto de imaginar o de visualizar activa muchas de las mismas áreas del cerebro que la percepción pone en acción.

La investigación actual con neuroimagen en la que los sujetos visualizaban estímulos repugnantes (algunos ejemplos incluyen una cara golpeada o un cuerpo quemado) mostró que ciertas áreas del cerebro estaban más activas que cuando visualizaban estímulos neutrales (por ejemplo, una lámpara o una silla). Se sabe que estas áreas, como la ínsula anterior (dentro del sistema límbico) están involucradas en registrar los cambios autonómicos del cuerpo. Tal como anotó el doctor Kosslyn, la investigación apenas comienza a demostrar que al visualizar eventos repugnantes no sólo quedan registrados, sino también afectan el cuerpo.

Lo que sugieren estos hallazgos es que los estudiantes pueden alterar su estado emocional formando imágenes mentales específicas. Las aplicaciones posibles de la simbolización en la educación incluyen: como ayuda para recordar mejor las palabras al visualizar objetos asociados con ellas, y como una ayuda mental para vencer las fobias y la ansiedad ante los exámenes. El doctor Kosslyn mencionó también a la simbolización como un regulador hormonal. Esto puede afectar indirectamente la capacidad cognoscitiva. Por ejemplo, se sabe que el nivel de la hormona testosterona afecta la capacidad espacial. Ganar una competencia eleva el nivel de esta hormona en la sangre, mientras que perder una competencia la disminuye. Por lo tanto, es posible que tan sólo con la visualización de estas situaciones pueda afectarse esta hormona, la cual a su vez afectaría las capacidades espaciales. En la actualidad se trabaja en esta área.<sup>21</sup>

<sup>21</sup> Véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*

#### 4.4.3. Autocontrol: una variable educativa

La investigación sobre el cerebro (con base en la psicología cognoscitiva y la investigación del desarrollo del niño) ha sido capaz de identificar una región cerebral crucial cuya actividad y desarrollo se relaciona de manera directa con el desempeño y el desarrollo del autocontrol. Por ejemplo, un experimento clásico realizado para medir el control cognoscitivo es la tarea de “no irse con la finta”.<sup>22</sup> En ella se muestran al sujeto palabras que nombran colores, las cuales están impresas con tinta que puede ser la misma del nombre (por ejemplo, la palabra “rojo” en tinta roja) o diferente (por ejemplo, la palabra “rojo” en tinta azul). Se pide a los sujetos que digan en voz alta el color de la tinta, lo cual es más difícil si la palabra indica un color diferente que si indica el mismo color. El desempeño en tareas de este tipo tiende a activar una región muy específica del cerebro situada en la línea media frontal, justo detrás de la corteza orbito frontal y llamada el cíngulo anterior. El cíngulo anterior parece desempeñar un papel crítico en las redes del cerebro responsables de detectar errores y de regular no sólo el proceso cognoscitivo (como la tarea antes descrita) sino también las emociones de manera que se logre lo que puede describirse como el control intencional o voluntario del comportamiento.<sup>23</sup>

La autorregulación es una de las habilidades de comportamiento y emoción más importantes que los niños necesitan en su medio ambiente social. Esta capacidad de controlar los propios impulsos con el fin de retrasar la gratificación es un aspecto de la capacidad emocional del “autocontrol”.<sup>24</sup> Desde un punto de vista educativo, poner aten-

<sup>22</sup> Informado por el doctor Michael Posner durante la conferencia de Nueva York (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*)

<sup>23</sup> Para revisar las distintas teorías que buscan entender el papel del cíngulo anterior en la regulación mental y en la actividad emocional, véase Bush, G., P. Luu y M. I. Posner (2000). “Cognitive and emotional influences in anterior cingulate cortex”, en *Trends in Cognitive Neuroscience*, Vol. 4, Núm. 6[39], pp. 209-249.

<sup>24</sup> El doctor Posner mencionó durante la conferencia de Nueva York que este concepto se relaciona con la capacidad de un niño de autorregular su comportamiento tanto en la escuela como en el hogar. El control voluntario —autocontrol— puede evaluarse sintetizando las respuestas de los padres a preguntas sobre la tendencia de

ción y tener control voluntario del comportamiento son pasos hacia el éxito en el aprendizaje. El papel de las emociones en la educación, de acuerdo con el doctor David Servan-Schreiber, contribuye a este “éxito”, el cual puede definirse como un conjunto de criterios sueltos pero significativos (estos criterios incluyen pero no se limitan a la satisfacción, el establecimiento de relaciones íntimas y la falta de traumas vitales autoprovocados), lo cual conduce a relaciones y prospectos de carreras proactivos y gratificantes. En otras palabras, contribuye para convertirse en un ciudadano responsable.

Un estudio longitudinal<sup>25</sup> ilustra la importancia que tiene para la educación el hecho de retrasar la gratificación. En este estudio se enfrentó a niños de 4 años de edad con la tarea de resistirse a comer un malvavisco situado enfrente de ellos mientras estaban solos en un salón con el fin de obtener dos malvaviscos más tarde, al regreso del experimentador. El tiempo durante el cual el niño pudo resistir el impulso de comer el primer malvavisco tuvo una correlación significativa con el logro de éxitos académicos posteriores medidos por la capacidad para enfrentarse a la frustración y la tensión, por la perseverancia en la tarea y por la capacidad de concentración. Además, el grupo de estudiantes que lograron un retraso más prolongado para obtener una gratificación en su etapa de preescolares obtuvieron calificaciones mucho más altas en un Examen Escolar de Aptitudes (una prueba que incorpora varios componentes de aptitudes para matemáticas y para lectura que se aplica a adolescentes que pretenden ingresar a escuelas de educación superior) que aquellos que esperaron menos. De hecho, hubo una correlación significativa entre el tiempo de espera y las calificaciones del Examen Escolar de Aptitudes.<sup>26</sup>

su hijo a concentrarse en una actividad (atención enfocada), a acatar restricciones (control inhibitorio), a disfrutar con estímulos de baja intensidad (placer de baja intensidad) y a demostrar conciencia de cambios sutiles en su medio ambiente (sensibilidad perceptiva) (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>25</sup> Del doctor Walter Mischel y sus colegas.

<sup>26</sup> Citado por el doctor David Servan-Schreiber (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

#### 4.5. EL CEREBRO QUE APRENDE DURANTE TODA LA VIDA

A lo largo de esta sección, los conceptos de plasticidad y vitalidad cognoscitiva en el adulto mayor sirven como las claves para asegurar el aprendizaje durante toda la vida. Las investigaciones sobre el cerebro adulto se han enfocado en padecimientos degenerativos y deterioro cognoscitivo generalizado. Las razones de este enfoque van desde el intento de ayudar a aquellos que sufren de enfermedades y problemas como el Alzheimer y la depresión senil hasta la realización de investigación sobre temas donde se cuenta con financiamiento. Además, los investigadores han descubierto que enfocarse en la degeneración a menudo provee percepciones importantes sobre el funcionamiento normal. En esta sección, el deterioro se analiza junto con las curas y las estrategias de reconstrucción.

Existen datos<sup>27</sup> que muestran una disminución general de la mayoría de las capacidades cognoscitivas desde los 20 hasta los 80 años de edad.<sup>28</sup> Se observaron disminuciones en tareas como comparación de letras, comparación de patrones, rotación de letras, intervalo de cálculo, intervalo de lectura, recuerdos de indicaciones, recuerdos libres y así en adelante. En contraste y de acuerdo con algunos de los hallazgos de los estudios sobre el cerebro en etapas más tempranas de la vida, hubo algunos incrementos notables en las capacidades cognoscitivas a lo largo de la vida hasta los 70 años con alguna disminución hacia los 80 años.<sup>29</sup> Durante la conferencia de Tokio,<sup>30</sup> el doctor Ito habló de las creencias populares acerca de la baja en la función del cerebro con la edad. Según el dominio público nuestro cerebro pierde 100 mil neuronas diarias y fumar y/o beber aumenta esta pérdida. Sin embargo, tales creencias se han reexaminado con las nuevas tecnologías. El doctor Terry y sus colegas<sup>31</sup> demostraron que si uno cuenta el número total de neuronas en cada área

<sup>27</sup> De la Universidad de Michigan.

<sup>28</sup> Véase también *agingmind.isr.umich.edu*

<sup>29</sup> Las tareas incluyeron: vocabulario diverso, vocabulario de antónimos y vocabulario de sinónimos.

<sup>30</sup> Véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*

<sup>31</sup> Véase Terry, R. D., R. DeTeresa, y L. A. Hansen (1987). "Neocortical cell

de la corteza cerebral, no hay dependencia de la edad. Esta última interviene sólo cuando se cuentan las neuronas grandes de la corteza cerebral. Dichas neuronas grandes se encogen, lo cual provoca el incremento de las neuronas pequeñas, así que el número total permanece igual. Sin embargo, hay un declive de los circuitos neuronales a medida que las neuronas se hacen más pequeñas, y es de esperarse que se reduzca el número de sinapsis. Más aún, la disminución de la conectividad puede significar la reducción de la plasticidad, pero no significa la reducción de la capacidad cognoscitiva. Por el contrario, los modelos de redes neurales han enseñado a los investigadores que la adquisición de habilidades se deriva de cancelar algunas conexiones y al mismo tiempo reforzar otras.

Los neurocientíficos saben desde hace algún tiempo que el cerebro cambia significativamente a lo largo de la vida como respuesta, en parte, a la experiencia de la vida. Esta plasticidad<sup>32</sup> o flexibilidad del cerebro para responder a las demandas del medio ambiente es motivadora y comienza a permitir a los investigadores entender mejor el papel de la sinaptogénesis (la formación de nuevas conexiones entre las células del cerebro) en el cerebro adulto. Más aún, el aprendizaje de largo plazo modifica de hecho al cerebro en el aspecto físico porque requiere el crecimiento de nuevas conexiones entre las neuronas. Por ejemplo, si el lector recuerda algo de este libro dentro de seis meses, será porque su cerebro fue anatómicamente modificado al leerlo (y más adelante, al recordar partes de él).

Lo que se ha aprendido en el campo de la neurociencia cognoscitiva es que debemos distinguir entre la sinaptogénesis que ocurre de manera natural en los primeros años de vida y la sinaptogénesis asociada con la exposición a medio ambientes complejos a lo largo de la vida.

counts in normal human adult ageing", en *Annals of Neurology*, Vol. 21, Núm. 6, pp. 530-539.

<sup>32</sup> Como afirmó el doctor Posner en su intervención final en la conferencia de Nueva York: "Pienso que realmente enterramos el mito del nacimiento a los tres y lo sustituimos con ideas sobre la importancia tanto de la plasticidad como de la periodicidad. En otras palabras, el cerebro es plástico y, sin embargo, ciertas cosas suceden en ciertos períodos de nuestra vida que son importantes para los primeros años y, por supuesto, para la educación durante toda la vida" (véase el Informe de Nueva York, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

Por ejemplo, el dominio de la gramática parece ser mayor a una edad más joven, pero el aprendizaje del vocabulario continúa durante toda la vida. Los investigadores se refieren al primero como la plasticidad ligada a la experiencia esperada y a la última como la plasticidad dependiente de la experiencia.<sup>33</sup>

Muchos investigadores creen que la plasticidad de la experiencia-esperada caracteriza al desarrollo amplio de las especies; más aún, la plasticidad dependiente de la experiencia es la condición natural de un cerebro sano, una característica que nos permite aprender hasta edades avanzadas y ayuda a explicar las diferencias individuales en el aprendizaje.

#### 4.5.1. Envejecimiento y enfermedad: mal de Alzheimer y depresión senil

El financiamiento para la investigación del cerebro adulto y el cerebro que envejece suele orientarse a modelos de enfermedad. Este hecho se explica por los costos masivos y crecientes de los padecimientos neurodegenerativos en la sociedad mundial.<sup>34</sup> Sólo en Estados Unidos el mal

<sup>33</sup> Los procesos de aprendizaje que dependen de un período sensible, como el aprendizaje de la gramática, corresponden al fenómeno de la experiencia esperada en el sentido de que para que el aprendizaje ocurra con facilidad se espera que ocurra una experiencia pertinente en un tiempo dado (el período sensible). Se piensa que el aprendizaje basado en la experiencia esperada ocurre durante los primeros años de vida. Los procesos de aprendizaje que no dependen de un período sensible, como el aprendizaje del léxico, se dice que son fenómenos dependientes de la experiencia en el sentido de que el período durante el cual la experiencia de aprendizaje puede ocurrir no está limitado por la edad o el tiempo. Se cree que este tipo de aprendizaje ocurre durante toda la vida (véase también el parágrafo 4.5.3).

<sup>34</sup> Como indicaron tanto el doctor Raja Parasuraman como el doctor Jarl Bengtsson en la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*). De acuerdo con el doctor Shinobu Kitayama, el conocimiento adquirido con la edad debe estudiarse como una función de los sistemas de creencias culturales y sociales que rodean el concepto del envejecimiento y otros relacionados como la racionalidad y el bienestar. El proyecto más importante de psicología cultural es generar preguntas acerca de la presunta validez de la universalidad de muchos procesos mentales, para mostrar que existen alternativas posibles y para usar análisis apropiados con miras a ampliar las bases de datos empíricas de las ciencias humanas y del comportamiento. El envejecimiento biológico ocurre necesariamente en un

de Alzheimer afecta a cerca de cuatro millones de adultos y cuesta a la economía cerca de 100 mil millones de dólares al año.

El impacto de los trastornos neurodegenerativos es más agudo en el área de la función cognoscitiva con el envejecimiento. Los padecimientos neurodegenerativos no sólo despojan al individuo del sentido de sí mismo, sino también despojan a la sociedad de su experiencia y sabiduría acumuladas. Con el envejecimiento de las poblaciones en todo el mundo este problema se incrementará.

El doctor Raja Parasuraman explicó que el mal de Alzheimer es responsable de daño cerebral irreversible. Los síntomas de esta enfermedad usualmente comienzan en la adultez tardía e involucran fallas notorias en la función cognoscitiva, la memoria, el lenguaje y las capacidades perceptivas. La patología del cerebro asociada con el mal de Alzheimer es la formación de placas seniles.<sup>35</sup> Estos cambios son particularmente evidentes en el hipocampo, una parte del "cerebro emocional" involucrada de manera crucial con la memoria de corto plazo y la incorporación de nuevo material que debe almacenarse en la memoria de largo plazo.

Puesto que no hay métodos confiables para detectar el mal de Alzheimer, su aparición temprana podría diagnosticarse mejor ya sea por el comportamiento o por medio de pruebas genéticas. Es difícil diagnosticarlo en etapas tempranas con la observación del comportamiento, ya que se sabe muy poco acerca de los cambios cognoscitivos asociados con el envejecimiento normal. Las funciones cognoscitivas en deterioro en edades avanzadas<sup>36</sup> se traslapan y son similares a las de los síntomas preclínicos del mal de Alzheimer. Según algunos investi-

contexto cultural específico. Dependiendo de la naturaleza específica del contexto, puede tener consecuencias bastante divergentes. Las consecuencias del envejecimiento en la cognición deben examinarse con respecto no sólo a una cognición más holística, incluyente, centrada en la relación y basada en el conocimiento, sino combinarse con una cognición más analítica, enfocada en el objeto y centrada en el individuo (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>35</sup> Grupos de procesos celulares anormales que rodean las masas de proteína; enredos de neurofilamentos dentro de las neuronas; deterioro de la neurodendrita y pérdida de neuronas.

<sup>36</sup> Véase [agingmind.isr.umich.edu/](http://agingmind.isr.umich.edu/)

gadores, podría ser provechoso dirigir los recursos de las investigaciones al estudio de las funciones de atención<sup>37</sup> para la detección temprana del principio del mal de Alzheimer por al menos dos razones. Primera, se ha encontrado que las funciones de atención sufren daños aun en individuos afectados muy levemente, lo cual proporciona quizás advertencias tempranas valiosas. Segunda, un área importante de disfunción del mal de Alzheimer es la función de la memoria,<sup>38</sup> la cual puede detectarse en estudios de las funciones de atención.

Los sistemas neurales que median las funciones de atención<sup>39</sup> están relativamente bien entendidos y han sido objeto de muchos estudios. De manera importante, dos aspectos de la atención selectiva espacial (cambios de atención y escala espacial) se ven marcadamente afectados en las etapas iniciales del mal de Alzheimer. Por lo tanto, las tareas que evalúan estas funciones pueden servir como candidatas útiles para el diagnóstico temprano. Los estudios que involucran el potencial relacionado con eventos (PRE), la Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) y la Imagen por Resonancia Magnética funcional (IRMf)<sup>40</sup> indican que las tareas de atención en efecto proporcionan muestras sensibles sobre el comportamiento en el inicio de las disfunciones de atención.

Otra aproximación a la detección temprana del mal de Alzheimer es comenzar a identificar a los adultos que envejecen con normalidad y que están en riesgo genético de desarrollar la enfermedad. Estudios recientes implican la herencia del gene de la apolipoproteína E (ALPE) en el desarrollo del mal de Alzheimer.<sup>41</sup> Comparados con aquellos que

<sup>37</sup> Según el doctor Parasuraman durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>38</sup> En particular con sistemas colinérgicos.

<sup>39</sup> Estas funciones incluyen atención selectiva, vigilancia y control de la atención.

<sup>40</sup> En el parágrafo 4.2 y en el glosario al final del libro se analizan estas tecnologías de neuroimagen.

<sup>41</sup> El gene ALPE se hereda como uno de tres alelos, e2, e3 y e4; este último está asociado con un riesgo mayor de desarrollar el mal de Alzheimer. Véase Greenwood, P. M., T. Sunderland, J. Friz, y R. Parasuraman (2000). "Genetics and visual attention: Selective deficits in healthy adult carriers of the e4 allele of the apolipoprotein E gene", en *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Estados Unidos, Vol. 97, pp. 11 661-11 666.

no tienen un alelo e4, los portadores de e4 exhiben déficits de atención espacial que son cualitativamente similares a los mostrados por los pacientes con un diagnóstico clínico del Alzheimer: 1) incremento de la pérdida de la atención y 2) reducción de la capacidad de escalar la atención espacial. Estos déficits de atención pueden aparecer en adultos de otra manera sanos y asintomáticos a edades tan tempranas como los 50 años.

Los indicadores de comportamiento y los genéticos pueden llevarnos a desarrollar y probar nuevos marcadores para predecir el deterioro cognoscitivo grave en adultos mayores. Las estrategias de intervención y tratamiento farmacológico y de comportamiento para estimular la función cognoscitiva de los adultos pueden desarrollarse y enriquecerse al contar con evidencia diagnóstica mejorada. Estudios recientes<sup>42</sup> demostraron que los beneficios del apuntalamiento de la atención (entrenamiento del estado alerta y vigilancia) disminuyeron la sintomatología del Alzheimer al reducir los déficits de atención y aumentar el aprendizaje en adultos sanos y en pacientes con Alzheimer. Tales intervenciones pueden ser útiles porque la estructura fina de las conexiones sinápticas del cerebro no está bajo control genético directo sino que es moldeada y vuelta a moldear a lo largo de toda la vida por la experiencia.

La depresión es una enfermedad asociada con una serie de síntomas como la falta de concentración de energía e interés. Los síntomas también incluyen insomnio, pérdida del apetito y anhedonia (incapacidad de experimentar placer). La depresión en los adultos mayores, a diferencia de la que se observa en la gente más joven, presenta una etiología más complicada, y por consiguiente es más difícil de tratar.<sup>43</sup> Como ocurre con otros trastornos vinculados con la edad, la depresión senil

<sup>42</sup> Véanse las presentaciones de los doctores Parasuraman y Kramer en la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>43</sup> El doctor Shigenobu Kanba mencionó durante la conferencia de Tokio que los adultos mayores tienden a presentar casos complicados de depresión debido a males físicos como los bloqueos de tipo cardiovascular en áreas profundas del cerebro, también conocidos como microinfartos en los ganglios basales (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

impone cargas serias a la salud y a la sociedad. Hasta hoy la depresión en las personas mayores es el segundo padecimiento mental más frecuente después de la demencia.<sup>44</sup>

La depresión puede ser causada por una degeneración general del cerebro (por ejemplo, el mal de Alzheimer, el mal de Parkinson y el infarto). Una diferencia importante entre la depresión en los ancianos y en los más jóvenes es que parece que en los primeros depende menos de un aporte genético. Además de las causas orgánicas ya anotadas, la depresión en los ancianos puede vincularse en algunos casos con la pérdida repentina de roles sociales, la pérdida de gente importante y cercana y la baja en la capacidad económica, física y psicológica.

De acuerdo con el doctor Shigenobu Kanba, es importante para la sociedad reconocer y responder a dos aspectos importantes de la depresión senil que pueden mejorarse. El primero es esencialmente psicológico y se relaciona con la "pérdida del objeto". Por ejemplo, la sociedad debería asegurarse de que los ancianos no sean privados repentinamente de sus roles sociales, su empleo o su autoestima. Una manera de lograrlo es proporcionar maneras en las que las contribuciones de los ancianos a la sociedad<sup>45</sup> puedan celebrarse y usarse.<sup>46</sup>

Los ancianos no sólo pueden contribuir a la sociedad en la solución de problemas prácticos y la apertura personal; también se sabe ahora que están positivamente relacionados con la creatividad y el bienestar. De hecho, hay evidencia desde hace mucho tiempo de que la creativi-

<sup>44</sup> Doctor Kanba, conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>45</sup> Las contribuciones incluyen pero no se limitan al uso del conocimiento, la experiencia y la madurez.

<sup>46</sup> A este respecto, las comunidades de aprendizaje espontáneo de Australia descritas durante la conferencia de Tokio por el doctor Denis Ralph proporcionan un ejemplo de cómo una comunidad atenta puede ayudar a los ancianos. En estas comunidades, los ancianos redescubren el aprendizaje con ayuda de modernas computadoras. (*Australian National Training Authority, National Marketing Strategy for Skills and Lifelong Learning*; informe presentado ante el Comité Ministerial, noviembre de 1999, URL: [www.anta.gov.au](http://www.anta.gov.au). En el informe se analizan actitudes y valores sobre el aprendizaje en la comunidad australiana, la motivación para involucrarse en el aprendizaje y los factores que probablemente influyan en la participación para aprender.)

dad está muy separada de la inteligencia (uno sólo necesita una cantidad "básica" de inteligencia para ser creativo, pero por encima de esa cantidad no hay relación entre las dos capacidades). Por lo tanto, cualquier deterioro relacionado con la edad en las funciones cognoscitivas de orden superior no necesariamente afecta la creatividad. El doctor Yoshiko Shimonaka realizó un estudio para examinar los efectos del envejecimiento en la creatividad en adultos japoneses entre 25 y 83 años de edad.<sup>47</sup> No se encontraron diferencias ligadas con la edad en fluidez, capacidad de pensamiento original, productividad y aplicación de capacidades creativas.<sup>48</sup> Sin embargo, se encontraron diferencias entre géneros; en fluidez y productividad las mujeres sobrepasaron a los hombres. Estos resultados sugieren que varias capacidades creativas se mantienen a través de la vida adulta. Motivar a los ancianos para brindar guía a gente más joven es un proceso que sería benéfico para ambos y podría por consiguiente mejorar la depresión con base psicológica en los ancianos.

#### 4.5.2. Condición física y vitalidad cognoscitiva

La idea que relaciona la condición física con la mental es muy antigua, la expresó el poeta Juvenal en latín como *mens sana in corpo-*

<sup>47</sup> Pruebas de creatividad desarrolladas por J. P. Guilford. Las pruebas consistieron en capacidad de pensamiento (fluidez, flexibilidad, originalidad y elaboración) y capacidad creativa (productividad, imaginación y aplicación).

<sup>48</sup> Como informara el doctor Tudela en la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*), en la literatura sobre aprendizaje de habilidades durante el envejecimiento normal, hay muchas tareas en las que puede compararse directamente a adultos jóvenes y a adultos mayores. Dentro de esta serie de tareas, en algunos casos los adultos jóvenes se desempeñan mejor que los adultos mayores; en otras ocasiones su desempeño es igual. Por desgracia, los avances en el entendimiento de la adquisición de habilidades en el envejecimiento normal se ve obstaculizado debido a que hace falta un método de procesamiento de contenidos para analizar la naturaleza de las habilidades perceptivas, motoras y cognoscitivas. Se necesita un buen análisis en términos de procesamiento de contenidos, de ser posible en términos de mecanismos neurales. En otras palabras, es necesario aplicar activamente el enfoque analítico de la neurociencia cognoscitiva al diseño de las tareas usadas en este tipo de investigación.

re sano.<sup>49</sup> Al revisar la literatura sobre animales,<sup>50</sup> se encontraron razones para sentir optimismo respecto del mejoramiento de la función cognoscitiva.<sup>51</sup>

En un estudio japonés reciente,<sup>52</sup> informado por el doctor Itaru Tatsumi, se comparó el manejo de la lengua entre adultos jóvenes y ancianos de Japón (con frecuencia, los ancianos se quejan de dificultad para recordar los nombres de sus conocidos y los de gente famosa). A jóvenes y ancianos se les pidió decir en voz alta tantas palabras como pudieran en una categoría determinada (de tipo semántico y fonológico) durante 30 segundos. El número de palabras que los ancianos pudieron recordar fue aproximadamente 75 por ciento de las que recordaron los jóvenes, lo que demuestra menor fluidez de palabras por parte de los primeros. Además les fue difícil recordar nombres famosos (su promedio fue de 55 por ciento respecto de los sujetos jóvenes). Al ir más allá de los estudios psicofísicos, el doctor Tatsumi informó sobre un estudio de activación con Tomografía por Emisión de Positrones (TEP) en ancianos y jóvenes observados durante la realización de tareas de fluidez de palabras. En los sujetos jóvenes, al recordar nombres propios, se activaron el lóbulo temporal anterior izquierdo y el lóbulo frontal. Al recordar nombres de seres animados y cosas inanimadas y al ejercitar la fluidez silábica, se activaron el lóbulo temporal inferior posterior izquierdo y el lóbulo frontal inferior izquierdo (área de Broca). Por el contrario, se encontró que las áreas activadas en los ancianos fueron generalmente menores que las de los sujetos jóvenes y algunas veces permanecieron inactivas. Más aún, áreas que no estaban activas en los jóvenes se activaron en los ancianos. Las conclusiones basadas en estos hallazgos están sujetas a más investigación pues podría interpretarse que las últimas activaciones reflejan un esfuerzo para

<sup>49</sup> "Mente sana en cuerpo sano."

<sup>50</sup> Efectuado por el doctor Kramer.

<sup>51</sup> Los estudios se orientaron a (entre otras cosas) la sinaptogénesis y la neurogénesis, así como a cambios bioquímicos positivos asociados con el factor neurotrófico derivado del cerebro (FNDC), la densidad del receptor de dopamina, y el uso de colina.

<sup>52</sup> Por Sakuma *et al.* (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*)

compensar el recuerdo deficiente de palabras en los sujetos ancianos. Otra conclusión, en favor de la vitalidad del cerebro que envejece, es que la fluidez o la experiencia con una tarea necesariamente reduce los niveles de actividad. Tal vez debido a una mayor eficiencia en el procesamiento y uso de mecanismos cerebrales, estas tareas también pueden ser asignadas a diferentes áreas del cerebro para su procesamiento.

Un análisis reciente<sup>53</sup> de datos longitudinales existentes que utilizan técnicas metaanalíticas sugiere una asociación más positiva y firme entre la vitalidad cognoscitiva y una mejor condición física, en particular en procesos ejecutivos (administración o control de procesos mentales). Datos recientes sugieren que las regiones del cerebro asociadas con los procesos ejecutivos (por ejemplo, la corteza frontal y el hipocampo<sup>54</sup>) muestran disminuciones amplias y desproporcionadas relacionadas con la edad. Estos descensos pueden ser retrasados por el acondicionamiento físico. En particular, el mejoramiento para realizar tareas mostró tener correlación positiva con la función cardiovascular.<sup>55</sup> Estudios de entrenamiento específico muestran también que hay resultados positivos en la orientación espacial, el razonamiento inductivo y las actividades que requieren combinar tareas complejas como

<sup>53</sup> Lo anterior se hizo para disminuir las limitaciones metodológicas inherentes en los otros tres tipos de métodos usados en la investigación humana: estudios de muestras representativas, epidemiológicos y longitudinales. Los estudios de muestras representativas sugieren beneficios amplios y fuertes para los adultos mayores sanos, pero padecen las limitaciones comunes de este tipo de estudios (la parcialidad de la auto elección). Estudios epidemiológicos enumeran una serie de factores asociados con la vitalidad cognoscitiva incluyendo el ejercicio extenuante, lo cual dificulta separar la contribución de factores individuales. Los descubrimientos de estudios longitudinales se mezclan con seis estudios que encontraron beneficios cognoscitivos conectados con el aumento de la condición física, cuatro que no encontraron relación y dos con resultados ambiguos.

<sup>54</sup> Raz, N., A. Williamson, F. Gunning-Dixon, D. Head, y J. D. Acher (2000). "Neuroanatomical and cognitive correlates of adult age differences in acquisition of a perceptual-motor skill", en *Microsc Res Tech*, Oct. 1, Vol. 51, Núm. 1, pp. 85-93.

<sup>55</sup> El doctor Kramer destacó en la conferencia de Tokio que los adultos participantes en este estudio suelen ejercitarse, es decir, han tenido exposición regular al ejercicio durante algún tiempo (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

conducir un automóvil. En general, hay evidencia tentativa, aunque en aumento, de que las intervenciones en el comportamiento, no farmacológicas, incluyendo el fortalecimiento de la condición física y del aprendizaje (siguiendo la frase de “¡entrena tu cerebro!”) pueden contribuir a mejorar el desempeño aun en la ancianidad. La aplicabilidad de estos resultados fuera del laboratorio será el centro de investigaciones posteriores.

#### 4.5.3. Plasticidad y aprendizaje durante toda la vida

La capacidad del cerebro de mantenerse flexible, alerta, sensible y orientado a la búsqueda de soluciones se debe a su capacidad de plasticidad durante toda la vida. En cierto momento, los neurocientíficos pensaban que sólo los cerebros de los infantes eran plásticos. Esto se debía al crecimiento extraordinario de nuevas sinapsis (sinaptogénesis) en forma paralela a la adquisición de nuevas capacidades. Sin embargo, datos de primates no humanos y de humanos, descubiertos en las dos décadas pasadas, han confirmado que el cerebro mantiene su plasticidad durante toda la vida.<sup>56</sup> Aún más, se ha descubierto

<sup>56</sup> Los avances sobre los efectos del medio ambiente en el aprendizaje y las percepciones concomitantes sobre la plasticidad cerebral pueden beneficiarse al estrechar el enfoque hacia regiones particulares del cerebro y habilidades específicas de aprendizaje. Por ejemplo, se sabe que el hipocampo está involucrado en procesos de memoria espacial y navegación [véase Burgess, N. y J. O'Keefe (1996). “Neural computation underlying the firing of place cells and their role in navigation”, en *Hippocampus*, Vol. 6, Núm. 6, pp. 749-762]. Una investigación curiosa en la que se comparó a taxistas con no taxistas en Londres sugiere que hay una relación fuerte entre el tamaño relativo y la activación del hipocampo con la conducción adecuada, una relación que parece tener una cualidad temporal distinta [véase i) Maguire, E. A., R. S. Frackowiak, y C. D. Frith (1996). “Learning to find your way around: A role for the human hippocampal formation”, en *Proceedings for the Royal Society of London (B)*, en *Biological Sciences*, Vol. 263, pp. 1 745-1 750; ii) Maguire, E. A., R. S. Frackowiak, y C. D. Frith (1997). “Recalling routes around London: Activation of the right hippocampus in taxi drivers”, en *Journal of Neuroscience*, Vol. 17, Núm. 18, pp. 7 103-7 110; iii) Maguire, E. A., D. S. Gadian, I. S. Johnsrude, C. D. Good, J. Ashburner, R. S. Frackowiak y C. D. Frith (2000). “Navigation related structural changes in the hippocampi of taxi drivers”, en *Proceedings of the National Academy*

recientemente que partes del cerebro, incluyendo el importante hipocampo, generan neuronas nuevas durante toda la vida.

Investigaciones realizadas por el doctor McCandliss y otros han mostrado que cerebros de personas ancianas pueden adaptarse para salvar barreras en el procesamiento del lenguaje y la lectura, temas usados aquí como un ejemplo. Estos nuevos hallazgos conducen a:

- Un mejor entendimiento de las diferentes maneras en que el cerebro puede procesar la lengua.
- Ideas más claras de cómo los niños y los adultos pueden vencer de forma natural obstáculos para el procesamiento de la lengua (especialmente en dislexia).
- Percepciones de cómo algunas estrategias pueden involucrar diferentes redes neurales y ayudar a aquellos con limitaciones para la lectura y la lengua.
- Maneras de ayudar a aprendices de un segunda lengua (adultos y niños) a mejorar la comprensión fonológica de la misma.

La mayoría de las investigaciones sobre el envejecimiento se dirige a modelos de enfermedad y patología. Como tal, es importante separar las responsabilidades de la industria de atención a la salud de las de la educación en este contexto, en particular en relación con síndromes

of Sciences, Estados Unidos, Vol. 97, Núm. 8, pp. 4 398-4 403]. De manera similar, hay una correlación positiva entre el alargamiento de la corteza cerebral y el desarrollo de la habilidad musical [véase Pantev, C., R. Osstendveld, A. Engelien, L. E. Ross, L. E. Roberts, y M. Hoke (1998). “Increased auditory cortical representation in musicians”, en *Nature*, Vol. 392, pp. 811-814], y también para áreas motoras y movimientos de los dedos aun para una duración tan pequeña como cinco días para los adultos [véase Pascual-Leone, A., D. Nguyet, L. G. Cohen, J. P. Brasil-Neto, A. Cammarota, y M. Hallett (1995). “Modulation of muscle responses evoked by transcranial magnetic stimulation during the acquisition of new fine motor skills”, en *Journal of Neurophysiology*, Vol. 74, Núm. 3, pp. 1 037-1 045]. Por otro lado, los pacientes con el mal de Parkinson (que involucra un funcionamiento anormal de los ganglios basales) son incapaces de aprender algunas habilidades nuevas [véase Gabrieli, J. D., J. B. Brewer y R. A. Poldrack (1998). “Images of medial temporal lobe functions in human learning and memory”, en *Neurobiology of Learning and Memory*, Vol. 20, Núm. 1-2, pp. 275-283].

como el mal de Alzheimer y la depresión senil.<sup>57</sup> Logros para ambos sectores de la sociedad se derivarán de los proyectos de investigación centrada en patología: en la actualidad los planes de investigación sobre el envejecimiento no se basan en el interés en el aprendizaje. Los que sí lo están pueden obtener alguna medida de reafirmación respecto de la plasticidad de muchas funciones cerebrales y la fortaleza de ciertas funciones cognoscitivas en edad muy avanzada. Con la edad, algunas capacidades cognoscitivas disminuyen, en especial cuando se inicia una enfermedad. Sin embargo, con tecnologías mejoradas de neuroimagen y con protocolos de investigación planificados con más sensibilidad, la investigación sobre estrategias correctivas (incluyendo tareas de aprendizaje) y sobre la prolongación de las funciones cognoscitivas servirá para ampliar tanto la satisfacción como la contribución potencial del adulto mayor.

## 4.6. NEUROMITOLOGÍAS

### 4.6.1. Separar a la ciencia de la especulación

Con el advenimiento de tecnologías de imagen funcional, la neurociencia cognoscitiva comienza a producir investigaciones importantes sobre los fundamentos neurales del desempeño cognoscitivo. Resultados de investigaciones recientes han generado una tremenda cantidad de comentarios y especulaciones entre científicos, investigadores, especialistas en educación y diseñadores de políticas. Puesto que tales investigaciones demuestran tener méritos, muchos desean saber cómo puede mejorarse o enriquecerse la práctica educativa al aplicar estos hallazgos de investigación.<sup>58</sup> Muchos mitos y errores han surgido alrededor de la mente y del cerebro fuera de la comunidad científica como

<sup>57</sup> El doctor Ito durante la conferencia de Tokio (véase el Informe de Tokio, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

<sup>58</sup> No sólo las prácticas educativas, sino también la paternidad cotidiana pueden beneficiarse de los hallazgos de investigación. De hecho, los padres son un "mercado" importante para las neuromitologías.

resultado de presiones para mejorar el desempeño total de la escuela, así como por la agitación y el interés sobre una educación que pudiese estar basada en el cerebro. Maestros y especialistas en educación están ansiosos por poner en práctica lo que han leído en la prensa popular,<sup>59</sup> y los diseñadores de políticas quieren poner en práctica políticas educativas efectivas usando información basada en la investigación. Incluso los negocios están ansiosos por comercializar lo que se percibe de interés financiero en las herramientas de aprendizaje basadas en el cerebro. Debido a las expectativas de la aplicabilidad de la investigación cerebral en la práctica educativa, los mitos se han desarrollado con rapidez y van desde el beneficio de la sinaptogénesis hasta el predominio hemisférico, además de los períodos "críticos" para el aprendizaje y los

<sup>59</sup> "(...) esta información sobre el cerebro está en la televisión, en los periódicos, en las revistas: ¿Qué significa para el maestro en el aula?" (Mark Fletcher, durante la conferencia de Granada). "[Los maestros] escuchan muchas cosas acerca de sus materias, sobre matemáticas o biología, o cualquier otra cosa, pero realmente les hacen mucha falta conocer teorías sobre el aprendizaje neurocientífico y psicológico. Pienso que deberíamos mirar en esta dirección y preguntar qué es lo que los maestros podrían aprender de la ciencia cognoscitiva" (el doctor Heinz Schirp durante la conferencia de Granada). Por supuesto que los maestros no son neurocientíficos, pero es entendible y deseable que conozcan el trabajo de los neurocientíficos para ayudarles a mejorar su enseñanza. Dado que aquellos que promulgan la educación basada en el cerebro para los maestros tampoco comunican la relativa escasez de la investigación para apoyar sus planteamientos, también los maestros pueden sentirse atraídos a adoptar pronto las llamadas estrategias de enseñanza "basadas en el cerebro" que de hecho no se basan en ninguna evidencia. La comunidad científica debería ser sensible ante estas situaciones. Por lo tanto, es un reto fortalecer el conocimiento y las estrategias pedagógicas al invitar a los maestros a: a) compartir su conocimiento entre ellos y b) compartir este conocimiento con la comunidad neurocientífica. Así, la comunidad neurocientífica será capaz de aterrizar algunas de sus preguntas de investigación con experiencias auténticas de buenos maestros. Por consiguiente, es necesario educar al público acerca de los avances debidos a la neurociencia, pero también es necesario enfocarse primero en preguntas "simples" acerca de los procesos básicos. Hay por supuesto mucho trabajo que hacer con el fin de integrar las percepciones acerca de los procesos básicos con los contextos complejos a los que se enfrentan los educadores. Más aún, los educadores pueden desempeñar un papel clave para ayudar a identificar tales preguntas, que podrían ser rastreadas por los neurocientíficos (véase la conferencia de Granada, página electrónica OCDE, *Op. cit.*).

ambientes “enriquecidos”, sólo por nombrar los más populares. Cuando errores conceptuales como éstos son apoyados o criticados en los diarios y en la prensa popular, los educadores y los diseñadores de políticas también de manera similar quedan abandonados en la incertidumbre para discernir entre hechos y ficción. Aunque algunos mitos tienen algo de verdad, una lectura cuidadosa de la investigación original de la cual provienen demuestra que esta investigación con frecuencia se ha mal interpretado (simplificado) o se basa exclusivamente en estudios en animales con implicaciones limitadas para los seres humanos.<sup>60</sup>

En el pasado, casi todos los científicos han pretendido que en el momento del nacimiento, el cerebro humano tiene todas las neuronas que tendrá por siempre. Sin embargo, con el advenimiento de nuevas tecnologías este hecho es ya cuestionable. Algunos mecanismos, como los que controlan nuestros instintos básicos de sobrevivencia, están en su sitio al nacer, pero la mayoría de los circuitos mentales de los recién nacidos son resultado de sus experiencias; ahora bien, cómo y cuándo se forman estas conexiones es tema de debate. Algunos científicos sostenían que estos circuitos se completan a los tres años de edad, en tanto que otros creían que continúan hasta la adolescencia; recientemente, parece surgir un consenso que da a entender que las conexiones sinápticas se forman a lo largo de todo el ciclo vital. Este consenso emergente y reciente puede tener profundas implicaciones sobre la manera en que el sistema educativo se organiza.

El objetivo de esta sección es explicar el origen de algunos de los mitos más recurrentes entre el público, señalar por qué son contraproducentes o no son eficaces para la práctica educativa y analizar cuál es la mejor manera de interpretar los datos científicos.

La década de 1990 a 2000 se declaró “Década del Cerebro” en Estados Unidos. Al mismo tiempo, en todo el mundo, se promovieron in-

<sup>60</sup> Si bien los estudios en animales han demostrado ser esenciales para entender algunos aspectos del desarrollo humano, debe tenerse precaución al aplicar los resultados de los datos experimentales al aprendizaje humano y a la cognición. De manera más general, la historia nos muestra que establecer paralelos entre el comportamiento animal y el humano sin guardar extrema precaución puede resultar no sólo erróneo sino hasta peligroso.

vestigaciones sobre el funcionamiento cognoscitivo y emocional del cerebro.<sup>61</sup> A pesar de que gran parte de estas investigaciones ha sido de muy alta calidad, algunos de sus hallazgos se han sobreinterpretado en términos de sus consecuencias para el aprendizaje. Tales ejemplos se presentan a continuación.

Los resultados neurocientíficos deben tomarse como de naturaleza preliminar debido a varias razones:

- Sus resultados estadísticos pueden no ser de la más alta relevancia (métodos de sustracción y de promedios<sup>62</sup>).
- Los resultados sobre la misma materia pueden diferir debido a consideraciones metodológicas y teóricas.
- El laboratorio podría no ser el lugar apropiado para probar una habilidad puesto que es un ambiente no natural y artificial.
- Un solo estudio no puede justificar una cierta estrategia en un salón de clases.
- En la prensa popular, con el fin de atraer al mayor número de gente, suelen sobresimplificarse los informes sobre investigaciones cerebrales; de ahí se originan casi todos los errores de concepto y de entendimiento acerca de la ciencia.

<sup>61</sup> Éste es sólo un ejemplo en el que la visión política impulsó la investigación científica y, más aún, comenzó a influir en el cambio educativo por medio de un financiamiento apropiado.

<sup>62</sup> Dichos métodos se consideran de alguna manera débiles, porque al comparar dos resultados diferentes que pudiesen compartir algunos elementos en común no se aclaran las diferencias entre los dos resultados. En los datos de neuroimagen, por ejemplo, el estado A es una tarea y el estado B es otra, diferente. Para encontrar las diferencias entre ellas y asegurar qué estado activa un área particular del cerebro, suele usarse el método de sustracción. Éste consiste en observar todos los puntos de activación en una imagen debida al estado A y luego observar todos los puntos de activación en otra imagen debidos a la activación B. Si los dos estados son realmente diferentes, puede razonarse que sustraer una imagen de la otra mostraría sólo las áreas cerebrales pertinentes a un estado particular. El problema con este método es que de un estado a otro, el cerebro no necesariamente detiene su activación desde el estado previo sólo porque el estado ha terminado (algunas veces hay un residuo de activación) y en ocasiones ambos estados activarán las mismas áreas del cerebro. Así, no siempre se logra definir con certeza cuáles áreas del cerebro son activadas por un

Algunas afirmaciones actuales acerca de las bases neurocientíficas del aprendizaje deben tomarse con una dosis saludable de escepticismo. Las tecnologías vigentes y emergentes producen resultados interesantes y prometedores, pero éstos serán aún más relevantes y útiles para la educación si se erradican los anteriores conceptos y creencias erróneos acerca de la ciencia.

La génesis del neuromito usualmente comienza con un mal entendido, una mala interpretación y en algunos casos una deformación deliberada de los hechos establecidos científicamente para atraer la atención hacia la educación o para otros propósitos. En este capítulo se analizan tres mitos populares: el predominio hemisférico o especialización, el aprendizaje o desarrollo sináptico y los períodos “críticos” con ambientes “enriquecidos” (incluyendo el mito del nacimiento a los tres años de edad).

#### 4.6.2. Especialización o predominio hemisférico

Un ejemplo de error conceptual acerca de la ciencia del cerebro y del aprendizaje se refiere al “aprendizaje del cerebro derecho *versus* el del cerebro izquierdo”. Los argumentos acerca de la especialización de los hemisferios cerebrales y su relación con el aprendizaje dirigen la atención hacia una insuficiencia grave del movimiento en pro del aprendizaje basado en el cerebro. Los no especialistas por lo general afirman que el hemisferio izquierdo es el lógico y codifica la información verbal, mientras que el hemisferio derecho es el creativo y codifica la información visual. Estas ideas suelen polarizarse con el tiempo y se piensa que los atributos del cerebro provienen de uno o de otro hemisferio. Estos atributos son sustituidos después por rasgos de carácter lo cual provoca que la gente asegure, por ejemplo, que los artistas son “de cerebro derecho” y los matemáticos “de cerebro izquierdo”.

estado particular. Usando el mismo ejemplo de los estados A y B, el método de promedios involucra datos de sujetos distintos, por ejemplo, del mismo estado, y promediar juntos los resultados. El problema con este método es que aun si los resultados individuales varían en gran medida (lo que suele ocurrir), los efectos de lo que podría ser diferente en forma significativa disminuyen; con ello se reducen los resultados potencialmente problemáticos y se generan conclusiones imprecisas.

Aunque el doctor Dehaene realizó un análisis<sup>63</sup> que demuestra la responsabilidad del hemisferio izquierdo en el procesamiento de palabras numéricas (por ejemplo, “uno”, “dos”), también mostró que ambos hemisferios están activos en la identificación de números arábigos (por ejemplo, “1”, “2”). De manera similar, otros datos recientes señalan que cuando los procesos de lectura se desglosan en componentes menores, se activan subsistemas de ambos hemisferios cerebrales (por ejemplo, al decodificar palabras escritas o reconocer sonidos de un discurso para procesos de mayor nivel como lo es la lectura de un texto). De hecho, aun un ejemplo perfecto de “capacidad del hemisferio derecho”, la codificación de relaciones espaciales, es realizado por ambos hemisferios, pero de manera diferente. El hemisferio izquierdo es mejor para codificar relaciones espaciales “categóricas” (como arriba/abajo o derecha/izquierda), mientras que el hemisferio derecho es mejor para codificar relaciones espaciales de medición (por ejemplo, distancias continuas). Además, la neuroimagen ha mostrado que en ambos casos se activan áreas de los dos hemisferios, y que éstas trabajan juntas. El cerebro es un sistema altamente integrado; es raro que una parte trabaje en forma aislada.

Hay algunas tareas, como el reconocimiento de rostros y la producción del discurso, que son dominadas por un hemisferio en particular, pero casi todas las tareas requieren que ambos hemisferios trabajen en forma paralela. Éste es un ejemplo de cómo algunos hallazgos de investigación más bien limitados se transforman en neuromitos reconocidos.

Es necesario hacer unas cuantas preguntas antes de aceptar los resultados publicados como apropiados para la práctica educativa. Las siguientes son preguntas generales apropiadas para reflexionar:

- ¿Es éste un caso aislado o existen otros que sustenten las afirmaciones que se hacen?
- ¿Los estudios describen eventos o ponen a prueba hipótesis?
- ¿Es apropiada la tarea de aprendizaje para la población que se examina? En otras palabras, ¿podría ser ésta una tarea adecuada para enseñar a niños en edad escolar?

<sup>63</sup> Usando palabras encubiertas e informaciones inconscientes.

#### 4.6.3. Aprendizaje o desarrollo sináptico, ambientes “enriquecidos” y períodos “críticos”

Las neuronas, o células cerebrales, son el fundamento del cerebro humano. Dichas células se comunican unas con otras por medio de las sinapsis, o uniones, donde los impulsos nerviosos viajan de célula a célula y apoyan el desarrollo de habilidades, la capacidad de aprendizaje y el crecimiento de la inteligencia. Al nacimiento, el número de sinapsis es bajo comparado con los niveles del adulto. Después de dos meses y con su pico a los diez meses, la densidad sináptica del tejido cerebral se incrementa exponencialmente y sobrepasa los niveles de los adultos. Luego viene un decremento sostenido (y una estabilización) hasta llegar a niveles de adulto alrededor de los 10 años de edad.

Al proceso por el cual las sinapsis son creadas en gran número durante los períodos normales de crecimiento se le llama sinaptogénesis. Varía a lo largo de la vida con períodos de crecimiento diferencial para las distintas áreas del cerebro, dependiendo de la experiencia. Al proceso por el cual las sinapsis disminuyen se le conoce como reducción o “poda” y se considera un proceso normal y necesario del crecimiento y desarrollo. En general, a lo largo de la vida, las densidades sinápticas siguen una curva asimétrica de Gauss con un marcado incremento observado en la infancia, una estabilización en la adultez y un lento decaimiento en edades muy avanzadas.

En experimentos de laboratorio con roedores, presentados en Nueva York por el doctor William Greenough, se demostró que la densidad sináptica se incrementa al añadir un ambiente complejo. En este caso se definió como ambiente complejo una jaula con otros roedores y varios objetos por explorar. Cuando estas ratas fueron subsecuentemente examinadas en una prueba de aprendizaje en un laberinto, se demostró que comparadas con un grupo control que vivía en un ambiente “pobre o aislado”, desempeñaron mejor y más rápido las tareas de aprendizaje en el laberinto.<sup>64</sup> La conclusión fue que en las ratas de ambientes

<sup>64</sup> Diamond, M. *et al.* (1987). “Rat cortical morphology following crowded-enriched living conditions”, en *Experimental Neurology*, Vol. 96, Núm. 2, pp. 241-247.

“enriquecidos” aumentó la densidad sináptica y, por lo tanto, eran más capaces de desempeñar una tarea de aprendizaje.

Este es el principio de un neuromito. Aun si la sinaptogénesis y la poda sináptica pueden tener implicaciones importantes en el aprendizaje de los roedores, no se ha comprobado que lo mismo se aplique con los seres humanos. No especialistas han combinado estos datos experimentales, rigurosos, científicamente establecidos y practicados en roedores con el desarrollo humano básico y aseguran que la intervención educativa, para ser más efectiva, debe coincidir cronológicamente con la sinaptogénesis. La lógica del neuromito es que cuanto más sinapsis estén disponibles, mayor será el potencial de actividad nerviosa y comunicación y, por lo tanto, será posible un mejor aprendizaje. Una creencia asociada es que la educación temprana que usa “ambientes enriquecidos” puede salvar a las sinapsis de la poda o crear sinapsis nuevas, conduciendo así a una mayor inteligencia o a una capacidad mayor de aprendizaje. La situación se agrava cuando se citan los datos de un estudio pertinente y luego se les da un sentido que va mucho más lejos que la evidencia presentada en el informe de la investigación original.

Además de los mencionados datos descriptivos sobre la actividad sináptica y, por lo tanto, de la densidad, todavía no hay mucha evidencia neurocientífica en seres humanos acerca de la relación predictiva entre densidades sinápticas en edades tempranas y el mejoramiento de la capacidad de aprendizaje. Como ha afirmado repetidamente el doctor John Bruer,<sup>65</sup> estos estudios todavía no pueden fundamentar los principios acerca de cómo mejorar la educación formal. Sin embargo, esto no significa que la plasticidad cerebral en general y la sinaptogénesis en particular sean irrelevantes para el aprendizaje; sin embargo, se requiere más investigación.

Como se preveía, cualquier afirmación basada en deducciones inapropiadas y en generalizaciones obtenidas de una concepción casi

<sup>65</sup> Bruer, J. T. (1998). “Brain science, brain fiction”, en *Educational Leadership*, Vol. 56, Núm. 3, pp. 14-18; Bruer, J. T. (1999). “Education and the brain: A bridge too far”, en *Educational Researcher*, Vol. 26, Núm. 8, pp. 4-16; Bruer, J. T. (1999). “In search of brain-based education”, en *Phi Delta Kappan*, Vol. 80, Núm. 9, pp. 648-657.

siempre mal entendida acerca de la sinaptogénesis o poda sináptica, tiene sus debilidades. Primera, todavía es difícil obtener evidencia concurrente directa que relacione la cantidad de la densidad sináptica con el aprendizaje. Hasta hace muy poco, estos datos se recolectaban de seres humanos y animales *postmortem*. Segunda, todavía no hay suficiente evidencia neurocientífica en seres humanos acerca de la relación predictiva entre densidades sinápticas en edades tempranas y densidades en etapas posteriores de la vida. Tercera, no hay evidencia neurocientífica directa ni en animales ni en seres humanos que vincule las densidades sinápticas en los adultos con una mayor capacidad para aprender.<sup>66</sup> El punto de esta crítica no es condenar las intervenciones educativas tempranas, sino más bien cuestionar los planteamientos que sostienen que el valor de la intervención educativa temprana se basa en un consenso neurocientífico o en una imperativa cerebral.

Considerando el mito popular del “desarrollo sináptico y el aprendizaje”, es prudente plantearse algunas preguntas: ¿Está el estudio sustentado por investigación científicamente válida? ¿Se ha repetido el estudio con el fin de llegar a consensos? ¿Involucró el estudio o los estudios resultados de aprendizaje o las implicaciones de los planteamientos educativos son especulativas? En general, ¿el estudio o los estudios probaron de manera rigurosa hipótesis claras o fueron en gran parte de carácter descriptivo? ¿Cuán plausible es la cadena de razonamiento causal desde los datos neurocientíficos hasta las implicaciones para el aprendizaje? ¿De cuál población es representativa la muestra y a cuál población se aplican los planteamientos?

Si en los roedores se concluyó que un ambiente complejo causa el incremento de la densidad sináptica y se piensa que las ratas con más sinapsis<sup>67</sup> son más inteligentes que sus contrapartes que han vivido en

<sup>66</sup> Bruer, J. T. (1999). “In search of brain-based education”, *Op. cit.*

<sup>67</sup> Las ratas que crecieron en un medio ambiente complejo (más natural) tuvieron de 20 a 25 por ciento más sinapsis por neurona (lo que se midió fue la proporción entre la densidad de sinapsis en relación con la cantidad de neuronas) en su corteza visual superior que las ratas que crecieron en el ambiente empobrecido. El incremento en el número de sinapsis por neurona se acompañó de un cambio en el número de

ambientes empobrecidos (presumiblemente con menos sinapsis), entonces, por analogía, ha surgido la creencia de que proveer de ambientes estimulantes a los estudiantes incrementará su conectividad cerebral, y por lo tanto, producirá mejores estudiantes. Se ha recomendado que los maestros (y padres) provean un ambiente colorido, interesante y sensorialmente significativo para asegurar que un niño sea brillante.<sup>68</sup>

vasos sanguíneos (responsables de transferir nutrientes de la sangre a las neuronas) y en el número de otras células llamadas astrocitos (los cuales desempeñan un papel en el sustento metabólico de las neuronas y en el crecimiento de nuevas sinapsis entre ellas). En otras palabras, tanto el tejido neural como el no neural resultó embellecido por la experiencia.

<sup>68</sup> Los argumentos derivados de los datos sobre ratas acerca de “ambientes enriquecidos” para los niños son injustificados (por ejemplo, escuchar a Mozart, observar móviles de colores), en particular si consideramos que no se han realizado estudios neurocientíficos paralelos sobre el efecto de un medio ambiente complejo o aislado sobre el desarrollo del cerebro humano. Por otro lado, los estudios en ratas sugieren que hay un umbral crítico para recibir estimulación del medio ambiente, debajo del cual el desarrollo del cerebro puede recibir daño. Estudios recientes en orfanatos rumanos demuestran los efectos negativos de los ambientes severamente restringidos, pero aun en estos casos es posible la rehabilitación [véase O'Connor, T. G., D. Brendkamp y M. Rutter (1999). “Attachment disturbances and disorders in children exposed to early severe deprivation”, en *Infant Mental Health Journal*, Vol. 20, Núm. 10, pp. 10-29].

Otros problemas derivados del descuido en el uso de esta investigación para propósitos educativos radican en lo siguiente:

- En estado salvaje, las ratas viven naturalmente en ambientes estimulantes (cañerías, puertos, etcétera), por lo que se supone que tienen la cantidad exacta de sinapsis necesarias para sobrevivir. No tiene sentido ponerlas en un ambiente empobrecido debido a que éste es una instalación artificial. Por lo tanto, si usted pone ratas en un ambiente empobrecido y artificial, sus cerebros tendrán exactamente la densidad de sinapsis apropiada para ese medio ambiente. En otras palabras, serán justo tan “inteligentes” como necesitan serlo para poder vivir en una jaula de laboratorio. Si se aplica la misma línea de razonamiento a los seres humanos (lo cual es muy factible, pero aún no se ha demostrado), y dado que la mayoría de los humanos crece en ambientes normalmente estimulantes, sus cerebros se ajustan de manera singular a sus ambientes particulares.

- Hay demasiados factores para tomar en cuenta al definir lo que debería ser un ambiente “enriquecido” para la mayoría de los estudiantes.

- No se ha demostrado experimentalmente que la densidad de sinapsis afecte el dominio de las habilidades educativas.

Por más de treinta años, los neurocientíficos han recopilado datos acerca de los períodos sensibles del desarrollo biológico. Como se anotó antes, un período sensible<sup>69</sup> se define como un marco de tiempo en el cual un evento biológico particular tiene más probabilidades de funcionar mejor. Gran parte de la investigación se centró en el sistema visual, principalmente en gatos y después en monos.<sup>70</sup> Investigaciones anteriores demostraron que si se niega estimulación visual a un gatito durante los primeros tres meses de vida, éste padecerá ceguera. Al hacer mal uso de los datos científicos sobre la sinaptogénesis, otro error conceptual popular afirma que del nacimiento hasta los tres años de edad, los niños son más receptivos al aprendizaje. Como consecuencia de esto, muchos no especialistas creen que si un niño no ha sido expuesto de manera “plena y total” a varios estímulos, no “recuperará”, más adelante en su vida, estas capacidades “perdidas” en sus primeros años. Ser expuesto a estímulos diversos y ricos suele considerarse un ambiente “enriquecido”. Sin embargo, refiriéndonos de nuevo a la literatura original, cabe observar que los datos sobre períodos sensibles para la visión de los gatos no son simples o no son siempre consistentes. Hay datos que sugieren que es posible lograr alguna recuperación de la visión dependiendo de cuán larga haya sido la privación y de las

• La mayoría de los niños crece en ambientes que son estimulantes. La investigación ha demostrado que aun los menores que crecieron en lo que tradicionalmente se define como un ambiente empobrecido (como un ghetto), pueden continuar, con el tiempo, superándose en la escuela y terminar la educación superior.

<sup>69</sup> Referido algunas veces como “período crítico”; ambos términos suelen usarse de forma intercambiable. Sin embargo, hay diferencias sutiles. “Período crítico” implica que si se pierde el marco de tiempo para un evento biológico, se pierde la oportunidad. “Período sensible”, por otro lado, implica que el marco de tiempo para un marcador biológico en particular es importante, pero no necesario para alcanzar una habilidad en particular. El dominio puede ocurrir, pero con más dificultad. Puesto que los “períodos críticos” parecen pertenecer a los errores populares de concepción acerca de la neurociencia, en este libro, se empleará el término “período sensible” para referirse a este fenómeno, excepto cuando se haga referencia explícita al error de concepto.

<sup>70</sup> Hubel, D. H., T. N. Wiesel, y S. LeVay (1977). “Plasticity of ocular dominance columns in monkey striate cortex”, en *Philosophical Transactions of the Royal Society of London (B)*, Vol. 278, pp. 307-409.

circunstancias posteriores a ésta. En otras palabras, lo que importa es el balance y la oportunidad de la estimulación, y no que la estimulación aumentada o “enriquecida” durante un período sensible ayuda a tener una mejor visión.<sup>71</sup> Estas concepciones erróneas usan las creencias populares previas acerca de la sinaptogénesis y los llamados “períodos críticos” para afirmar que para que ocurra el aprendizaje completo, lo mejor es una diversidad rica y una exposición temprana; de hecho, esta última puede ser correcta, pero las afirmaciones no tienen (¿todavía?) una base en la ciencia neurocognoscitiva.

Debe distinguirse entre la sinaptogénesis que ocurre naturalmente al principio de la vida y la asociada con la exposición a ambientes complejos a lo largo de la vida. Por ejemplo, la información parece sugerir que el aprendizaje de la gramática es mejor (más rápido y fácil) en edades tempranas (antes de los 16 años, más o menos) pero que el aprendizaje del vocabulario mejora durante toda la vida. Los procesos de aprendizaje que dependen de un período sensible, como el aprendizaje de la gramática, corresponden al fenómeno de “experiencia esperada” en el sentido de que para que el aprendizaje sea fácil, se espera que ocurra una experiencia pertinente en un marco determinado de tiempo (un período sensible). Se cree que el aprendizaje basado en la experiencia esperada es mejor durante ciertos períodos de la vida. Los procesos de aprendizaje que no dependen de un período sensible, como el aprendizaje del léxico, se dice que son fenómenos “dependientes de la experiencia”, en el sentido de que el período durante el cual la experiencia del aprendizaje puede ocurrir no está limitado por la edad o por el tiempo. Este tipo de aprendizaje puede mejorar durante toda la vida; y eso es justo lo que sucede.

Los períodos sensibles existen en realidad y a la larga podrían ser útiles para la educación y la práctica del aprendizaje, tal como lo señala el doctor Hideaki Koizumi, quien sugiere que “una reorganización del sistema educativo de acuerdo con los períodos sensibles del cerebro” sería deseable una vez que éstos estén claramente identificados. “El objetivo más importante en la educación parece ser desarrollar una

<sup>71</sup> Bruer, J. T. (1998). *Op. cit.*, p. 16.

capacidad de aprender adecuada para cada individuo según los períodos sensibles de adquisición de funciones cognoscitivas. Debe emplearse alguna educación básica mientras el cerebro mantenga una alta plasticidad; en otras palabras, la etapa temprana de la educación es importante. Esto se sabía desde hace mucho tiempo en términos de música y educación de la lengua. Sin embargo, los avances de la neurociencia cognoscitiva nos llevan a hallazgos posteriores. Las funciones del cerebro humano, basadas en diversas áreas funcionales, consisten de muchos módulos y estructuras.<sup>72</sup> Cada módulo o estructura funcional tendría un período sensible diferente debido a la plasticidad de las redes neuronales (...) Aunque la educación en una etapa temprana es muy importante, esto no significa que gran parte de la educación de una persona deba concentrarse en los años de la niñez. Es probable que una organización óptima de los temas de la educación basada en los períodos sensibles sea mucho más efectiva. Los temas educativos cuyos períodos sensibles ocurren más adelante en la vida deben tratarse más adelante.” Por lo tanto, el neuromito de que el período más sensible para aprender está en los primeros años de vida necesita revisarse a la luz de la investigación neurocientífica reciente, la cual ha demostrado que ciertas formas de aprendizaje mejoran durante el ciclo vital. Para resumir, el doctor Koizumi sugiere “reorganizar el sistema educativo en el futuro cercano aplicando los hallazgos recientes en la neurociencia cognoscitiva del desarrollo”.<sup>73</sup>

### PARTE III

## Conclusión

<sup>72</sup> Véase Foder, J. A. (1983). *The Modularity of Mind*, MIT Press, Cambridge; y también Koizumi, H. (1997). “Mind-morphology: an approach with non-invasive higher-order brain function analysis”, en *Chemistry and Chemical Industry*, Vol. 50, Núm. 11, pp. 1649-1652.

<sup>73</sup> Koizumi, H. (1999). “A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century-The Centennial of the Discovery of Radium by the Curies”, en *J. Seizon and Life Sci.*, Vol. 9, Núm. B 1999.1, pp. 19-20.

## El camino hacia adelante

### 5.1. ¿HACIA UNA NUEVA CIENCIA DEL APRENDIZAJE BASADA EN UN ENFOQUE TRANSDISCIPLINARIO?

*Hacer un final es hacer un inicio.  
Del final es el lugar por donde empezamos.*  
T. S. Eliot

*En el pasado los conceptos transdisciplinario, creación de puentes y fusión, que reunieron campos ampliamente divergentes eran el privilegio exclusivo de los genios, pero en el siglo XXI estas herramientas deben estar más disponibles (...). Proporcionar una educación transdisciplinaria que permita futuros estudios transdisciplinarios es una necesidad urgente que debemos satisfacer para el beneficio de generaciones futuras.<sup>1</sup>*

H. Koizumi

El aprendizaje basado en el cerebro no es una panacea que resolverá todos los problemas de la educación. Sin embargo, la investigación di-

<sup>1</sup> Koizumi, H. (1999). "A Practical Approach to Trans-Disciplinary Studies for the 21st Century-The Centennial of the Discovery of Radium by the Curies", en *J. Seizon and Life Sci.*, Vol. 9, Núm. B 1999.1, p. 7.

rigida hacia la comprensión del aprendizaje desde esta perspectiva sí ofrece alguna dirección para especialistas de la educación, diseñadores de políticas y profesionales que quieran una enseñanza y un aprendizaje más informados. Ofrece mejores opciones para los estudiantes y para los adultos que tienen dificultad con el aprendizaje.

Después del éxito del proyecto OCDE-CERI llamado "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro" (1999-2001), se decidió iniciar una segunda fase del mismo (desde que se tomó la decisión, a las tres conferencias llevadas a cabo en los años 2000 y 2001 se les identifica como "Fase 1" de un proyecto en marcha). La fase 2, programada para realizarse durante un período de tres años (2002-2005), se enfocará en tres áreas de investigación que tienen pertenencia particular para las políticas educativas (desde el punto de vista de la concepción de los planes de estudio, las prácticas de enseñanza, la identificación de estilos de aprendizaje individual) y un gran potencial de aplicación. Su meta es corroborar la investigación pasada y, lo que es más importante, ampliar los resultados de las investigaciones actuales. Se anticipa que la investigación proveniente de instituciones seleccionadas y de científicos de alto nivel no sólo fomentará una mayor generación de hipótesis y pruebas, sino que además proporcionará nuevas formas en las que puede educarse a niños, adolescentes y adultos. Las tres áreas de investigación identificadas para la fase 2 son "desarrollo cerebral y lectoescritura", "desarrollo cerebral y competencia matemática", y "desarrollo cerebral y aprendizaje durante el ciclo vital".

Esta actividad es un trabajo en desarrollo. Sería prematuro en esta etapa sacar conclusiones firmes y precisas acerca de cómo funciona el cerebro, cómo las personas aprenden mejor y qué provisión educativa puede ayudarlas mejor. Pero también sería erróneo sugerir que preguntas de esta magnitud e importancia no puedan aclararse sustancialmente y responderse en parte en el futuro cercano. No hay duda de que el "aprendizaje y el cerebro" deben ser una de las prioridades en los planes de los países de la OCDE desde ahora y en los años por venir.<sup>2</sup> Esto implica:

<sup>2</sup> Un riesgo aquí es que se desarrolle una especie de "neurodivisión", término que no es diferente de "división digital" (que en la actualidad sirve para referirse al acce-

1. La promoción de las relaciones transdisciplinarias.
2. La inversión en investigación transdisciplinaria.
3. El reconocimiento del surgimiento de una ciencia nueva del aprendizaje y la necesidad de desarrollar "instituciones de la ciencia del aprendizaje" para facilitar tanto el punto 1 como el 2.

La idea de las interrelaciones proporciona una imagen para el entendimiento creciente de la manera en la cual diferentes partes del cerebro cooperan, y un reto para aquellos que buscan promoverlo y desarrollarlo. La ciencia parece progresar al seguir de manera alternada dos estrategias contradictorias: distinción y conexión. Por una parte, avances en el aprendizaje han dependido, al menos desde los tiempos de Aristóteles, de la diferenciación y especialización de distintos campos de investigación, facultades, disciplinas o materias: artes y ciencias; las ciencias biológicas, físicas y sociales; la física, la química, la biología, la botánica y la zoología; y así sucesivamente.<sup>3</sup> Por otra parte, algunos de los avan-

so limitado, si no es que más, de los menos privilegiados a las TIC); en donde los privilegiados tendrían acceso primero y de una manera mejor a los frutos de la ciencia del aprendizaje. Es, por lo tanto, un gran reto publicar de forma continua la mejor investigación educativa relacionada con la neurociencia cognoscitiva, no sólo en publicaciones de investigación, sino para ayudar al público en general a entender las implicaciones políticas y de aprendizaje de los nuevos trabajos. A este esfuerzo deben incorporarse nuevas formas de diseminación de la información (por ejemplo, documentales de televisión, sitios multimedia en la web). Más aún, los hallazgos científicos, en casi todas las disciplinas, generan más y más preguntas éticas, con las que hay que lidiar, al menos en las democracias, en la arena política. Como señaló en Granada el doctor Alain Michel: "(...) todos sabemos que los resultados científicos pueden utilizarse mal; todos pensamos sobre el peligro de la eugenesia, por ejemplo. Si deseamos utilizar los resultados de la investigación neurocientífica en el campo de la educación, necesitaremos un código de conducta ética, de manera que puedan evitarse algunos excesos. Recuerden lo que Rabelais afirmó en el siglo XVI: 'Ciencia sin conciencia no es más que la ruina del alma'". Es necesario impulsar un gran debate internacional acerca de los aspectos éticos incluidos en este marco de trabajo. Como dijo el doctor Rodney Cocking (NSF) en Granada: "¿Por qué la OCDE? Porque yo pienso que en realidad necesitamos tener un enfoque internacional" (véase el Informe de Granada en la página electrónica de la OCDE: [www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf](http://www.oecd.org/pdf/M00017000/M00017849.pdf)).

<sup>3</sup> Desde el inicio de la ciencia occidental, las disciplinas científicas básicas como la física, la química y la biología han seguido con gran éxito un enfoque metodológi-

ces más valiosos se lograron mediante la transferencia de percepciones a través de las fronteras de las disciplinas o, más aún, desdibujando dichas fronteras para crear una nueva disciplina.

En una publicación reciente referente a este aspecto, el doctor Koizumi<sup>4</sup> introduce el concepto de los estudios transdisciplinarios para distinguir la creación de nuevas ciencias con su propia estructura conceptual de la influencia mutua que suele ocurrir cuando disciplinas establecidas están contiguas o comienzan a sobreponerse:

“Durante los últimos dos siglos, la cultura humana se ha dividido en dos categorías: la ciencia y la tecnología, por un lado, y las humanidades y las artes, por el otro. Además, la ciencia y la tecnología se han dividido con cuidado en disciplinas claramente especificadas. Por lo tanto, se ha vuelto difícil entender otras disciplinas en el ámbito profesional debido a los muros intelectuales erigidos entre ellas. Sin embargo, la madurez de la ciencia y de la tecnología ha hecho cada vez

co reduccionista. Éste ha generado la mayor parte de nuestro entendimiento actual del mundo que nos rodea y del funcionamiento de nuestro cuerpo. ¿Podría ese enfoque reduccionista ayudarnos a comprender la complejidad del cerebro? Muchos científicos sostendrían que el cerebro es el sistema más complejo del universo (véase “Beyond Reductionism”, en *Science*, Vol. 284, abril 1999). Por ejemplo, en tanto que en una computadora es fácil separar el *software* del *hardware*, tal analogía, si se aplica al cerebro, nos muestra que éstos están totalmente entrelazados y forman un sistema en extremo complejo. Tal como señalaron Christof Koch y Gilles Laurant (véase “Complexity and the nervous system”, en *Science*, Vol. 284, abril 1999), lo más obvio que puede decirse acerca del cerebro desde el punto de vista de que es un “sistema complejo” es que el reduccionismo y la atomización continuos probablemente no nos llevarán por sí mismos a un entendimiento fundamental de la complejidad del cerebro. Por ejemplo, ¿qué posibles vínculos existen entre la complejidad del sistema nervioso y fenómenos como la conciencia y las experiencias subjetivas? Es, por consiguiente, factible que a la gran tradición científica del reduccionismo se le añadan otras aproximaciones científicas (tal vez incluyendo aun contribuciones inesperadas, como percepciones de la teoría cuántica), en un intento de entender lo que es un “sistema complejo” y con ello entender mejor el cerebro.

<sup>4</sup> Basó su teoría en la transdisciplinariedad que observó en Pierre y Marie Curie: “(...) [ellos] se beneficiaron de la transdisciplinariedad de su pensamiento. (...) La transdisciplinariedad surge mediante la fusión y la creación de puentes entre disciplinas, pero no sólo por apilar múltiples disciplinas” (Koizumi, H., *Op. cit.*, pp. 9 y 19).

más difícil obtener nuevos hallazgos y logros sobresalientes dentro de la propia disciplina especializada. Los nuevos descubrimientos y logros técnicos sobresalientes a menudo sólo se alcanzan tendiendo puentes entre las distancias que separan disciplinas por completo diferentes y esto ha sido así durante muchos años. Por ejemplo, el sistema de Newton de la dinámica clásica se creó al combinar conceptos que explican el movimiento de los objetos astronómicos y la caída de un objeto (tradicionalmente se habla de una manzana) al suelo. La teoría de Darwin de la selección natural fue una analogía con la competencia del libre mercado descrita por Adam Smith. (...) Si bien muchos científicos y eruditos han reconocido la importancia de la aproximación multidisciplinaria, todavía, en la práctica, es muy difícil trascender los límites de las disciplinas. Tales transiciones conceptuales por lo general son realizadas por personas que ahora se consideran genios. Las organizaciones actuales de investigación inter o multidisciplinarias no son lo suficientemente poderosas para superar los muros entre las disciplinas y con frecuencia no han funcionado tan bien como se esperaba debido a que se han basado sólo en un manojó de disciplinas relacionadas de cerca o a veces no tanto. (...) Más que un concepto estático, se requiere un concepto dinámico para vencer esta dificultad (...).”

En las figuras 4a y 4b se muestra la diferencia entre los conceptos de inter o multidisciplinariedad y transdisciplinariedad.

Figura 4a. Inter y multidisciplinariedad.

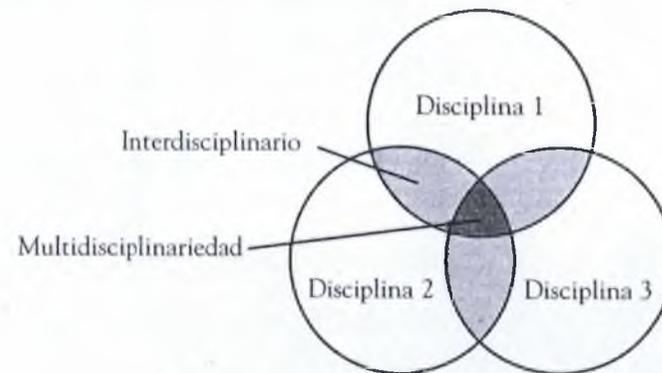
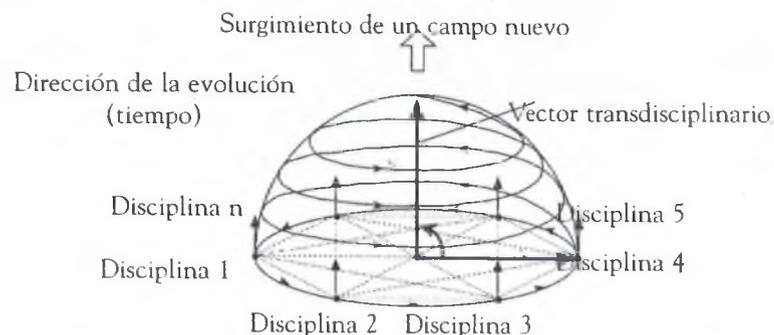


Figura 4b. Transdisciplinariedad.



Fuente: Hideaki Koizumi (1999). "A practical approach towards trans-disciplinary studies for the 21st century", en *J. Seizon and Life Sci.*, Vol. 9, pp. 5-24.

"Nuevos campos de entendimiento como la ciencia de la mente y el cerebro, las ciencias ambientales, así como la ciencia educativa, no pueden ser vistos como una simple combinación o reunión de muchas disciplinas relacionadas. Tales campos aplican la esencia del conocimiento y de la filosofía tomada de muchas disciplinas afines para formar su propia estructura conceptual, una estructura que puede trascender los límites de muchas ciencias naturales, ciencias sociales y aun de las humanidades. Los conceptos de la interdisciplinariedad o multidisciplinariedad están situados en un plano bidimensional, pero el concepto de transdisciplina ocupa un espacio tridimensional, como se muestra en la figura 4b. El concepto transdisciplinario existe en un nivel jerárquicamente más alto producido por los vínculos de varias disciplinas diferentes situadas en el nivel jerárquico inferior. La transdisciplinariedad incluye el concepto de construir puentes y fusionar disciplinas por completo diferentes."<sup>5</sup>

El doctor Koizumi demuestra que el desarrollo transdisciplinario no ocurre con facilidad o por suerte.<sup>6</sup> El mundo necesita de un erudito so-

<sup>5</sup> Koizumi, H., *Op. cit.*, pp. 6-8.

<sup>6</sup> "Cada disciplina evoluciona por sí misma desde el punto de vista de una metodología y de organizaciones de investigación convencionales. Sin embargo, se necesita alguna fuerza directriz para crear puentes y fusionar disciplinas (...). Una nueva

bresaliente —un Lucrecio, un Darwin, un Terada<sup>7</sup> o un Treilhard de Chardin— para establecer el puente o la fusión entre disciplinas antecesoras. En las sociedades modernas, es importante revisar la estructura de las universidades, la organización de la investigación y, sin duda, el plan de estudios, para fomentar e impulsar desarrollos transdisciplinarios apropiados y proporcionar un balance a la inevitable naturaleza atomística de la ciencia natural.

No puede haber dudas acerca del valor de las relaciones transdisciplinarias en el campo del "aprendizaje y el cerebro".<sup>8</sup> En los capítulos previos de este libro se proporcionan numerosos ejemplos de percepciones fructíferas que surgieron de experimentar la transdisciplinariedad en las tres conferencias.<sup>9</sup> La transdisciplinariedad no es una materia simple o una opción ligera. Debe ser promovida y recompensada. La Fase 2 del proyecto de la OCDE-CERI ofrece un modelo repro-

disciplina global requerirá nuevas metodologías y nuevas organizaciones de investigación" (Koizumi, H., *Op. cit.*, p. 8). Como lo subrayó durante la conferencia de Tokio el doctor Eric Hamilton, director de programa de la NSF: "(...) [en] nuestro programa ROLE, el propósito al construir una interdisciplinariedad estructurada en realidad consiste en observar las fronteras y los límites [de varias disciplinas] para identificar problemas que pudiesen examinarse en un área, pero tienen respuestas que pertenecen a otras áreas.(...) esto es muy consistente con la línea de investigación que sugirió [el doctor Koizumi]: el vector transdisciplinario".

<sup>7</sup> Tarahito Terada, físico y ensayista japonés (1878-1935). Como profesor de física de la Universidad Teikoku en Tokio, produjo 300 artículos de física en su vida, pero se le recuerda sobre todo por sus ensayos literarios. Entre otras cosas, fusionó el espíritu de la poesía haikai con la perspectiva de la física.

<sup>8</sup> "Algunos investigadores de las fronteras de la ciencia de la mente y el cerebro han comenzado a darse cuenta del valor de la metodología transdisciplinaria. Estos investigadores ahora están estudiando, por ejemplo, filosofía, psicología, lingüística aunque sus campos originales pudieran ser matemáticas, física, química, fisiología o medicina. Algunos de ellos están casi listos para utilizar la metodología transdisciplinaria en el estudio científico de la 'conciencia'." (Koizumi, H., *Op. cit.*, p. 19).

<sup>9</sup> "¿Por qué la OCDE? (...) Para ayudarnos a avanzar y a reunir nuestros campos científicos. La OCDE puede ahora ayudarnos a cambiar a las ciencias del conocimiento en una ciencia basada en la evidencia; es realmente importante reunir los enfoques transdisciplinarios, las diferentes perspectivas, las diferentes metodologías, las diferentes tecnologías, porque [para] avanzar hacia las ciencias del aprendizaje basadas en evidencias, también necesitamos observar la convergencia de las evidencias de todos estos campos" (doctor Rodney Cocking en la conferencia de Granada).

ducible para la promoción de la investigación transdisciplinaria. Pero aun esta audaz iniciativa es una medida de corto plazo. Lo que se requiere es un compromiso decidido y duradero con las relaciones transdisciplinarias en el campo del "aprendizaje y el cerebro" entre los países miembros de la OCDE.

La publicación de este libro reconoce y señala a la vez el surgimiento de una nueva ciencia. Las ciencias del aprendizaje, donde se incluyen la neurociencia cognoscitiva, las ciencias cognoscitivas, la medicina y la educación, se mueven por lo general de la interdisciplinariedad a la transdisciplinariedad y se transforman a sí mismas en una nueva ciencia del aprendizaje. Este proceso está, hasta el momento, en una etapa temprana. Pero ya es claro que esta transformación es tanto deseable como inevitable. Aun en esta etapa no es de ninguna manera demasiado pronto considerar el establecimiento de facultades e instituciones de ciencias del aprendizaje ya sea dentro de universidades o centros de investigación existentes, o autorreguladas e independientes. Puede haber pocas preguntas más importantes para las que este siglo XXI deba encontrar buenas respuestas como: ¿de qué manera trabaja el cerebro?, ¿cómo aprende mejor la gente? y ¿qué provisión educativa puede ayudarles más? Será la empresa de la ciencia del aprendizaje la que proveerá respuestas confiables y aplicables a tales preguntas. Hay buenas razones para creer que así ocurrirá en los años por llegar.

## 5.2. LOS PASOS SIGUIENTES: REDES DE INVESTIGACIÓN

*La investigación siempre es incompleta.*  
Mark Pattison

### 5.2.1. Tipos de investigación y metodología

Hay cuatro tipos de investigación, de los cuales al menos tres son pertinentes para adecuarse a los resultados de la segunda fase del proyecto "Ciencias del Aprendizaje e Investigación sobre el Cerebro". El primero de ellos se refiere a la síntesis y recolección de datos pertenecientes a investigaciones existentes de muchas fuentes diferentes (universida-

des, instituciones de investigación, etcétera). El segundo tipo de investigación involucra la continuación de trabajos en marcha (proyectos y programas que están actualmente en progreso). El tercer tipo es la investigación ampliada, en la cual los trabajos recientemente terminados necesitan una extensión relacionada con el fin de realizar más pruebas para afinar hipótesis. El cuarto tipo es la investigación nueva e incluye proyectos comprometidos con hipótesis relacionadas, propuestas de nuevas teorías y pruebas. La Fase 2 del proyecto incluirá principalmente los primeros tres tipos de investigación, pero también, en cierta medida, el cuarto tipo, según se requiera.

### 5.2.2. Tres áreas de investigación

#### *Área 1: Desarrollo cerebral y lectoescritura*

Una cantidad considerable de niños y adultos de todo el mundo todavía muestra dificultades para aprender a leer, deletrear y escribir palabras; algunos sufren incluso de varias formas de dislexia. La investigación que utiliza tecnologías de neuroimagen ha hecho progresos sustanciales para entender cómo la lectoescritura se desarrolla en el cerebro. Además, recientes hallazgos importantes derivados de la investigación neurocientífica muestran cómo las deficiencias afectan el cerebro. Entenderlas puede ayudar mejor a los educadores para actuar de manera apropiada ante estas discapacidades.

Los objetivos de investigación son:

- Entender cómo el cerebro se ocupa de la lectura, que incluye procesos visuales con un enfoque en cómo áreas diferentes del cerebro trabajan en conjunto.
- Estudios visuales y de atención de la dislexia, que incluyen intervenciones y estrategias para su mejoramiento.
- El aprendizaje de la lengua y los efectos de la plasticidad cerebral tanto en adultos como en niños junto con un enfoque en intervenciones ligadas a neuroimágenes.

## Área 2: Desarrollo cerebral y competencia matemática

La falta de competencia matemática continúa causando en infinidad de niños dificultades en la escuela con repercusiones posteriores en la edad adulta (como la discalculia). Un cuerpo importante de nuevas investigaciones sobre el cerebro está ayudando a los educadores a entender formas en las cuales el sentido infantil de los números se desarrolla desde una etapa muy temprana de la vida. Esta área también se enfocará en el pensamiento simbólico y en cómo puede usarse la computadora para diagnosticar y para mejorar las deficiencias en el aprendizaje de las matemáticas. La investigación actual empieza a mostrar que las intervenciones tempranas pueden facilitarse por medio de las apropiadas intervenciones con las TIC y herramientas de rehabilitación.

Los objetivos de investigación son:

- La trayectoria de desarrollo de la competencia matemática que considera modelos mentales para matemáticas iniciales (incluye el establecimiento de una línea de tiempo para la adquisición de aptitudes y estudios de diferencias entre géneros).
- La taxonomía de las discalculias que incorpora relaciones con la dislexia, pruebas de diagnóstico, orígenes biológicos *versus* sociales, herramientas de aprendizaje y estrategias remediales.
- La evaluación y concepción de diagnósticos e intervenciones estratégicas, incluyendo estrategias escolares y estudios de capacitación de adultos.
- Las herramientas de TIC para el aprendizaje de las matemáticas y la adquisición de competencias de TIC.

## Área 3: Desarrollo cerebral y aprendizaje a lo largo de todo el ciclo vital

Una de las percepciones más importantes emanadas de la Fase 1 de este proyecto es el fuerte acuerdo en la comunidad científica acerca de la plasticidad cerebral a lo largo de toda la vida. La investigación demuestra que la plasticidad, la capacidad de aprender, desaprender y reaprender durante el ciclo vital, es mucho mayor de lo que se reconocía antes. Al mismo tiempo, los "períodos sensibles" del cerebro requieren

mayor atención. Esta área de investigación no sólo se dirige a estilos personales de aprendizaje, sino que también es de importancia fundamental para las políticas educativas dirigidas al aprendizaje continuo y a la atención del cerebro que envejece. Los trabajos de investigación exploran formas en las cuales pueden retrasarse el deterioro normal asociado con la edad, así como el relacionado con la enfermedad. Tanto para la política como para la práctica educativas, un tema clave es cómo cambiar este trabajo de laboratorio a actividades formales e informales de aprendizaje en los adultos.

Los objetivos de investigación son:

- Las capacidades vinculadas con la edad en la medida que se relacionan con la cognición y la percepción, incluyendo intervenciones y estrategias.
- Las capacidades en la infancia y en la niñez temprana, con atención a los períodos sensibles, el estrés/la influencia materna y el aprendizaje de sonidos para el habla en los bebés.
- Los mecanismos cognoscitivos de aprendizaje en la niñez y la adolescencia enfocándose en el control cognoscitivo de las emociones, el desarrollo de funciones sensoriomotrices, el aprendizaje de las artes y la música y la formación del yo.
- Los mecanismos cognoscitivos de aprendizaje en adultos y en personas que envejecen; incluye la reorganización funcional en cerebros ancianos dañados, cómo aprender en una sociedad envejecida basada en la información y cómo retrasar el deterioro debido al proceso de envejecimiento.
- Los mecanismos cognoscitivos de aprendizaje, incluyendo las diferencias individuales, con respecto a la edad y el aprendizaje implícito y explícito.

### 5.2.3. Tres redes de investigación: estructura y resultados esperados

Cada una de las tres áreas de investigación antes detalladas serán agendadas a lo largo de un período de tres años por una red internacional transdisciplinaria, compuesta sobre todo por neurocientíficos y expertos en educación. Cada una de las redes es dirigida por un coordi-

nador principal y un asesor de red. Estas seis personas componen el "Comité Guía" del proyecto. Su objetivo es proveer de una coordinación interna y asegurar la fertilización cruzada entre las redes. La Red LLL ("Aprendizaje Durante Toda la Vida" o "*Life-Long Learning*") será coordinada desde Asia.<sup>10</sup> La Red LRS ("Lectoescritura y Aptitudes para Lectura" o "*Literacy and Reading Skills*") será coordinada desde América.<sup>11</sup> La Red NMS ("Competencia y Aptitudes para Matemáticas" o "*Numeracy and Maths Skills*") será coordinada desde Europa.

Por otra parte un "Grupo de Consultoría Científica" compuesto por expertos externos, junto con un representante de cada red, dará seguimiento a las actividades de las redes y proporcionará consejos y recomendaciones sobre orientaciones sustantivas y operativas. Estos dos organismos (el Comité Guía y el Grupo de Consultoría Científica) recibirán apoyo continuo de ejecutivos de la OCDE-CERI.

Además de revisar y codificar los hallazgos de investigaciones existentes, coordinar y facilitar la investigación en curso y (cuando se requiera) impulsar y estimular nuevas investigaciones pertinentes, a las redes se les pedirá producir informes regulares de avances, así como contribuir con nuevas ideas y proporcionar capítulos sustanciales para una publicación de la OCDE (programada para el 2005), que incluirá informes sobre "el estado de la ciencia", hallazgos y conclusiones actualizadas, recomendaciones para políticas y prácticas y consejos sobre la orden del día de investigación para la fase siguiente.

El enfoque y la necesidad de investigación sobre el aprendizaje a lo largo de toda la vida emanan de las presiones y demandas sociales y biológicas. Ante los serios problemas que las sociedades enfrentan por el envejecimiento de sus poblaciones, hay un giro hacia la neurociencia para entender qué es lo adecuado para los grupos de edad y cuándo realizarlo. Más aún, con la rápida globalización es necesario que el cerebro humano se adapte y asimile los cambios. Por lo tanto, la instrumentación de los objetivos de investigación para la Red LLL ("Aprendizaje

<sup>10</sup> Coordinador: presidente, Masao Ito (Instituto RIKEN para las Ciencias del Cerebro, Tokio, Japón); asesor de red, doctor Takao Hensch (*idem*).

<sup>11</sup> Coordinador: presidente, Michael Posner (Instituto Sackler, Ciudad de Nueva York, Estados Unidos); asesor de red: doctor Bruce McCandliss (*idem*).

Durante Toda la Vida") se basará en un marco de trabajo que en primer lugar sistematice un conocimiento base específico para cada objetivo de investigación (se incluye la definición de conceptos clave como son, períodos sensibles *versus* confiables para el aprendizaje en la niñez temprana) y en segundo lugar abra medios de comunicación para ubicar mejor lo que quieren y necesitan saber los educadores y los diseñadores de políticas (por medio de un sitio web, por ejemplo). Los temas principales para la investigación sobre aprendizaje a lo largo de toda la vida incluyen la función cerebral en la medida en que se relaciona con la nutrición, el sueño, el consumo de drogas, el manejo del estrés, la condición física y la regulación emocional. Esta red busca incorporar de manera responsable a la ciencia básica dura en las recomendaciones políticas y/o direcciones para los diseñadores de políticas, educadores, proveedores de servicios de atención de la salud y padres de familia.

Los objetivos principales contemplados para la Red LRS ("Lectoescritura y Aptitudes para Lectura") son la difusión y la aplicación de innovaciones. Tanto los diseñadores de políticas educativas como los usuarios finales son audiencias objetivo, entre ellos, educadores, padres y niños. Las líneas generales para seguir y asegurar el enfoque en red son las siguientes:

- 1) La investigación debe basarse en los mecanismos cerebrales.
- 2) Debe haber una utilidad y accesibilidad de la información.

El contexto internacional de este esfuerzo debe ser de carácter horizontal y estar presente en cada dominio de investigación. Como tal, esta red propone un componente fuerte de TIC y usará un sitio web para generar un marco de trabajo que oriente a lectores internacionales hacia puntos de acuerdo establecidos en la literatura sobre el cerebro en la medida en que se aplica a la lectoescritura, y vincule con discusiones donde los científicos del mundo puedan mostrar evidencias en favor o en contra de un tema en particular, incluyendo debates acerca de las "neuromitologías". El contenido de la red interactiva también incluirá demostraciones y claves para las herramientas de intervención.

Las metas generales de la red NMS (“Competencia y Aptitudes para Matemáticas”) para todas las áreas de investigación listadas incluyen:

- 1) La identificación de estructuras cerebrales clave y sus interconexiones.
- 2) La determinación de la interacción entre matemáticas y espacio.
- 3) El entendimiento del impacto de las diferencias culturales y las interacciones.

Cada una de las tres áreas de investigación proporcionará una síntesis del conocimiento científico, una lista tentativa de consecuencias educativas, una lista de preguntas abiertas científicas y educativas incluyendo nuevas propuestas de investigación. Además, esta red se propone trabajar en forma horizontal con la Red LLL (“Aprendizaje Durante toda la Vida”) para entender de una manera más completa cómo el aprendizaje de las matemáticas se relaciona con el aprendizaje de otras materias y con la Red LRS (“Lectoescritura y Aptitudes para Lectura”) para investigar las conexiones entre dislexia y discalculia. Esta red propone un fuerte componente de TIC al introducir nuevos juegos de *software* para el diagnóstico y para actividades de lectoescritura para niños y adultos disponible en Internet sin ningún costo.

A pesar de que ahora se llevan a cabo en varias instituciones científicas investigaciones neurocientíficas sobre lectoescritura, competencia matemática y aprendizaje durante toda la vida, la mayoría está demasiado dispersa como para cubrir la distancia entre el laboratorio y los sistemas de aprendizaje. Con estos equipos internacionales de científicos transdisciplinarios, la investigación sobre las áreas mencionadas se coordinará sobre una base de colaboración. Un objetivo principal es compilar y publicar investigación útil que pueda impactar directamente la práctica educativa. Un segundo objetivo es difundir esta información, tanto a través de medios impresos como de multimedia, a audiencias objetivo como los profesionales de la educación y los diseñadores de políticas. Este concepto incluye la creación de puentes y la fusión de disciplinas diferentes entre ellas la lingüística, las matemáticas, la psicología y, por supuesto, la neurociencia cognoscitiva y la filosofía.

## APÉNDICE

# Programas de las tres conferencias

