

Dr. Jaime Lavados Montes

EL CEREBRO Y LA EDUCACIÓN

NEUROBIOLOGÍA DEL APRENDIZAJE



taurus



EL CEREBRO
Y LA EDUCACIÓN

DR. JAIME LAVADOS MONTES

EL CEREBRO
Y LA EDUCACIÓN

NEUROBIOLOGÍA DEL APRENDIZAJE

TAURUS

PENSAMIENTO

© 2012, Jaime Lavados Montes
© De esta edición:
2012, Aguilar Chilena de Ediciones S.A.
Dr. Aníbal Ariztía, 1444
Providencia, Santiago de Chile
Tel. (56 2) 384 30 00
Fax (56 2) 384 30 60
www.editorialtaurus.com/cl

ISBN: 978-956-347-338-4
Inscripción N° 207.715
Impreso en Chile - Printed in Chile
Primera edición: octubre 2012

Diseño de cubierta:
Ricardo Alarcón Klaussen sobre un detalle de
La escuela de Atenas, de Rafael

Edición: Renée Viñas

Todos los derechos reservados.
Esta publicación no puede ser reproducida ni en todo ni en parte, ni registrada en, o transmitida por, un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electroóptico, por fotocopia, o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la Editorial.

 **PRISA** EDICIONES

ADVERTENCIA
ESTA ES UNA COPIA PRIVADA PARA FINES EXCLUSIVAMENTE
EDUCACIONALES



QUEDA PROHIBIDA
LA VENTA, DISTRIBUCIÓN Y COMERCIALIZACIÓN

- El objeto de la biblioteca es facilitar y fomentar la educación otorgando préstamos gratuitos de libros a personas de los sectores más desposeídos de la sociedad que por motivos económicos, de situación geográfica o discapacidades físicas no tienen posibilidad para acceder a bibliotecas públicas, universitarias o gubernamentales. En consecuencia, una vez leído este libro se considera vencido el préstamo del mismo y deberá ser destruido. No hacerlo, usted, se hace responsable de los perjuicios que deriven de tal incumplimiento.
- Si usted puede financiar el libro, le recomendamos que lo compre en cualquier librería de su país.
- Este proyecto no obtiene ningún tipo de beneficio económico ni directa ni indirectamente.
- Si las leyes de su país no permiten este tipo de préstamo, absténgase de hacer uso de esta biblioteca virtual.

"Quién recibe una idea de mí, recibe instrucción sin disminuir la mía; igual que quién enciende su vela con la mía, recibe luz sin que yo quede a oscuras" ,

—Thomas Jefferson



Para otras publicaciones visite
www.lecturasinegoismo.com

Referencia: 271

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	11
INTRODUCCIÓN	13

PRIMERA SECCIÓN EL APARATO DEL CONOCIMIENTO

CAPÍTULO 1. EL CEREBRO QUE APRENDE	25
1. El cerebro humano	26
2. Los componentes elementales: neuronas, sinapsis y redes	33
3. Algunos principios de funcionamiento conjunto del cerebro.....	39
3.1. Jerarquía y secuencia	40
3.2. Paralelismo	42
3.3. Integración	44
3.4. Actividad espontánea permanente	45
3.5. Epigénesis y emergencia.....	47
4. El desarrollo y la maduración ontogenética	48
5. Los componentes innatos de la vida mental	52
5.1. Procesos neurales. Un ejemplo lingüístico	55
CAPÍTULO 2. FINES Y MEDIOS DEL APRENDIZAJE	61
1. ¿Por qué se aprende?	62
1.1. El equipamiento genético y los entornos que se deben enfrentar	63
1.2. Los genes, su información y el éxito evolutivo.....	63
1.3. El especial entorno humano	64
1.4. La información genética y la velocidad de los cambios.....	66
1.5. Brevísimas historia del género humano	67
2. ¿Para qué se aprende?	69
2.1. La estructura de la anticipación y la predicción	71
2.1.1. El conocimiento disponible es siempre limitado.....	75
2.1.2. El entorno es siempre dinámico	75
2.1.3. Los cambios en las motivaciones y la necesidad de ajustes	76
2.1.4. La anticipación y la predicción rara vez son exactas	77
2.2. La conducta orientada a metas	79

SEGUNDA SECCIÓN LA CONSTRUCCIÓN DEL MUNDO

CAPÍTULO 3. REPRESENTAR Y CONOCER	89
1. La representación, modelo o imagen del mundo	90

1.1. La consistencia	93
1.2. Los conceptos de utilidad y valor de sobrevivencia	94
1.3. Las regularidades del pensamiento y la conducta en la construcción de imágenes del mundo	96
1.4. Las imágenes del mundo siempre están en construcción.....	98
1.5. Las facultades que hacen posible saber del mundo y operar sobre él	98
2. La elaboración neurobiológica de las representaciones y de los modelos operativos	100
2.1. Por qué se aprende	101
2.2. Qué y cuándo se aprende	102
CAPÍTULO 4. LA NEUROBIOLOGÍA DE LA VIDA EN SOCIEDAD	105
1. Los fines de los dispositivos mentales innatos para la vida social ..	107
2. Procesos mentales y vida social	109
2.1. La presencia y el acatamiento de normas supraindividuales ..	111
2.2. El altruismo	114
2.3. La teoría de la mente y la detección del engaño	115
2.4. Estatus y jerarquías. Prestigio y poder	118
2.5. Obediencia a la autoridad	122
3. Una mirada de conjunto a la Neurobiología de las relaciones sociales.....	125

TERCERA SECCIÓN

FACULTADES CEREBRO-MENTALES DE ORIGEN ANCESTRAL

CAPÍTULO 5. LOS PROCESOS NEUROBIOLÓGICOS DEL APRENDIZAJE..	131
1. La atención y la percepción	133
2. Las memorias y las representaciones.....	140
2.1. Codificación de las representaciones almacenadas por las memorias: las categorías.....	142
2.2. Los tipos de memorias.....	144
2.2.1. La duración de los recuerdos.....	146
2.2.2. La selección de la información y el conocimiento	150
2.2.3. Las memorias según sus contenidos	153
2.3. El procesamiento cerebral de las memorias	158
CAPÍTULO 6. LA OTRA FORMA DE SABER: LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS	163
1. Qué son las emociones	165
2. Los dispositivos neurobiológicos de procesamiento de las emociones.....	167
3. La emoción, el lenguaje y el aprendizaje simbólico-expresivo	171
4. La función biológica evolutiva de las emociones.....	173
5. Las funciones de las emociones y los sentimientos.....	176
5.1. Evaluación y control de oportunidades y amenazas.....	176
5.2. Disparadores e inductores de conductas.....	177

5.3. Asignación de valor a contenidos de otras funciones mentales.....	178
5.4. Definición de propósitos, objetivos y metas	179
CAPÍTULO 7. EL SABER OBJETIVO: RAZONAR Y JUZGAR.....	181
1. La racionalidad y el conocimiento objetivo	183
2. El sentido y fundamento del razonar	185
3. La Neurobiología del razonar.....	187
3.1. La noción de causalidad.....	187
4. La capacidad crítica y sus componentes.....	190
4.1. Los axiomas espacio-temporales	190
4.2. Los principios o axiomas lógico-matemáticos.....	192
4.3. La función de los principios lógicos	194
4.4. La calidad de las evidencias.....	197
5. Las redes neurales del pensar racional.....	198
5.1. La incorporación de materiales contextuales	199
5.2. La imposibilidad casi absoluta de simbolizar y procesar artificialmente afectos y sentimientos subjetivos	200
6. Las matemáticas	201
CAPÍTULO 8. LOS DOS SABERES. LAS DOS CULTURAS.....	205
1. Conocimiento empírico-denotativo y conocimiento simbólico-expresivo.....	207
2. La educación formal y las dos formas de saber.....	209
CUARTA SECCIÓN	
LAS INNOVACIONES CEREBRO-MENTALES DE LA ESPECIE HUMANA	
CAPÍTULO 9. LA TRÍADA DEL <i>HOMO SAPIENS</i>.....	215
CAPÍTULO 10. LA COMUNICACIÓN Y EL LENGUAJE.....	219
1. El origen del lenguaje humano	221
2. Estructura del lenguaje humano	222
3. Funciones del lenguaje humano.....	227
3.1. Atributos y distinciones del lenguaje humano.....	228
3.1.1. Capacidad denotativa o circunstancialidad.....	228
3.1.2. Capacidad expresiva	229
3.1.3. Atributo de creatividad.....	230
3.2. Las funciones del lenguaje revisitadas.....	230
4. Dispositivos neurobiológicos del lenguaje humano	233
CAPÍTULO 11. LA REGULACIÓN SUPERIOR DEL COMPORTAMIENTO Y LOS PROCESOS EJECUTIVOS	235
1. La definición de objetivos y metas. Las motivaciones.....	236
1.1. Los deseos.....	236
1.2. Las creencias	237
1.3. Las expectativas.....	239

2. Los procesos ejecutivos.....	240
2.1. La inteligencia general.....	242
2.2. La atención ejecutiva.....	243
2.3. La memoria de trabajo.....	244
3. El control superior del comportamiento.....	245
3.1. La flexibilidad.....	247
3.2. La integración de los procesos neurobiológicos y la coherencia de propósitos.....	247
3.3. La creatividad.....	248
4. La planificación y la toma de decisiones.....	249
4.1. Los propósitos abstractos de largo plazo.....	256
CAPÍTULO 12. LA CONCIENCIA SUPERIOR.....	261
1. Los atributos neurobiológicos de la conciencia humana.....	262
1.1. La conciencia y la subjetividad.....	262
1.2. La alerta, la vigilancia y la atención.....	263
1.3. La conciencia y la identidad.....	264
1.4. Lucidez y agencia intencional.....	265
2. Las funciones de la conciencia.....	269
3. La conciencia y el aprendizaje.....	270

QUINTA SECCIÓN
UNA VISIÓN DE CONJUNTO

CAPÍTULO 13. LAS MODALIDADES BIOLÓGICAS DEL APRENDIZAJE Y LA EDUCACIÓN.....	277
1. Para qué y por qué se aprende.....	278
1.1. La elaboración de la predicción.....	279
1.2. Dispositivos neurobiológicos del aprendizaje.....	280
2. Qué y cuándo se aprende.....	281
2.1. La asignación de valor.....	282
2.2. La adquisición de conocimientos.....	283
2.3. La activación de sistemas de procesamientos innatos.....	285
2.4. El aprendizaje del control superior del comportamiento.....	287
3. Cómo y dónde se aprende.....	290
3.1. La selección de información y la constitución de conocimientos y saberes.....	291
3.2. La construcción de una imagen coherente de la realidad.....	292
3.3. La significación.....	294
CAPÍTULO 14. EL CEREBRO, LA CULTURA Y LA EDUCACIÓN.....	299
ÍNDICE TEMÁTICO.....	309
BIBLIOGRAFÍA TEMÁTICA.....	327

AGRADECIMIENTOS

La preparación y publicación de este libro ha sido posible por el inestimable apoyo de varias instituciones y muchas personas. Como siempre ocurre, es difícil distinguir entre ambos porque las instituciones funcionan y toman decisiones a través de las personas. Debo destacar a la UNESCO, que financió el libro a través de su Programa de Participación, siendo su contraparte chilena, en cuanto a gestión financiera y administrativa, la Corporación de Promoción Universitaria.

Dado que el autor ha estado toda su vida inmerso en la universidad, pareció necesario confrontar las informaciones e hipótesis del texto, su lenguaje y organización, con audiencias provenientes de diversos ámbitos educativos. Así, los varios capítulos del libro fueron redactados considerando las opiniones y énfasis surgidos en talleres, seminarios y cursos realizados con académicos y estudiantes de posgrado de varios centros universitarios dedicados a la educación. En esta tarea tuvimos un fuerte apoyo de la Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación. En la Facultad de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile se realizaron múltiples talleres y un curso específico, de dieciocho sesiones, en sus programas de Magíster en Educación. En el Departamento de Ciencias Neurológicas de la Facultad de Medicina de la Universidad de Chile, lugar de trabajo actual del autor, y con el propósito de afinar los conceptos propiamente neurobiológicos del libro, se realizó un curso semestral, de veinte sesiones, destinado a estudiantes de postítulo de las diversas especialidades médicas

que trabajan en materias relacionadas: Neurología de adultos y niños, Psiquiatría y Neurocirugía.

A todas estas instituciones, sus autoridades y demás personal que hicieron posible este trabajo, agradezco muy sinceramente su respaldo y consideración. Pienso que el afinamiento y clarificación del texto, y de mi propio pensamiento, logrado en todos estos ejercicios y discusiones con académicos y estudiantes avanzados, significaron una indudable mejoría del producto final, esto es, del libro que el lector ahora tiene en sus manos.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años han aparecido con creciente vigor, independientemente el uno del otro, dos hechos de la mayor importancia, cuya interacción sinérgica tiene enorme potencial. Por una parte, el reconocimiento de que la educación de calidad es el factor más decisivo para lograr una sociedad equitativa y con mayor capacidad de innovación y desarrollo. Por otra, un impresionante avance de la Neurobiología y otras disciplinas científicas conexas, que comienzan a aclarar la relación que existe entre el cerebro y la mente.

En estas circunstancias, el propósito de este libro se hace evidente. Se trata de explorar de qué manera los conocimientos neurobiológicos modernos relacionados con los dispositivos cerebrales de aprendizaje proporcionan, o pueden proporcionar, orientaciones más eficaces a los sistemas educativos y a las estrategias pedagógicas.

Por supuesto, esto no es nuevo. Desde muy antiguo se ha propuesto que lo que hoy llamamos procesos cerebro-mentales son un factor determinante en la adquisición de conocimientos y de habilidades, y, en consecuencia, en el desarrollo de conductas inteligentes. El *Mennon*, de Platón, escrito hace 2.400 años, aborda directamente esta cuestión. Desde entonces, innumerables filósofos y pensadores han abordado el problema del conocimiento (Aristóteles, Ockham, Locke, Hume, Descartes, Comte, Kant, Husserl, entre otros), a tal punto que la Epistemología ha llegado a ser un área esencial de cualquier sistema filosófico.

Sería ocioso incluir aquí una historia detallada de cómo el problema del conocimiento –su adquisición, desarrollo y uso por las personas y las culturas– ha sido incorporado en nuestro tiempo a las preocupaciones propiamente científicas de antropólogos, psicólogos, neuropsicólogos y educadores.

Esta historia, pese a sus balbuceos, incertidumbres y discrepancias, ha ascendido en los últimos decenios a otro nivel, tanto por los avances de lo que podríamos llamar la Neurobiología del conocimiento como por la nueva trascendencia política, económica y social que han adquirido las demandas educativas. Sin embargo, aunque la explosión de conocimientos neurocientíficos ha sido enorme, no es aún capaz de explicar cabalmente (¿lo será algún día?) todos los procesos mentales que hacen posible el conocimiento, el aprendizaje, la educación y asimismo las conductas que esos procesos generan. Por eso en este libro, además de las neurociencias propiamente tales, consideramos los hallazgos y teorías de otras disciplinas que, desde distintos ángulos, estudian los comportamientos humanos dependientes de los aprendizajes. De esta manera, lo que llamamos Neurobiología del conocimiento, que fundamenta las afirmaciones e hipótesis que contiene esta obra, se constituye en torno a cuatro grandes áreas del conocimiento científico moderno que, de un modo u otro, investigan e identifican competencias humanas basadas en saberes aprendidos.

Históricamente, los primeros acercamientos científicos a la comprensión de funciones mentales objetivamente relacionadas con procesos cerebrales específicos, fueron los de la Neuropsicología clínica, cuyas hipótesis explicativas nacieron del estudio de pacientes que, por haber sufrido algún tipo de daño cerebral, presentaban síntomas y signos clínicos que evidenciaban trastornos de facultades mentales acotadas (percepción, cognición, habla, emoción, memoria, etc.), comparadas con sujetos sanos, en igualdad de condiciones. Así se descubrieron las “afasias” (trastornos de la expresión y comprensión del habla relacionados con daños cerebrales en regiones específicas); las diversas formas de “amnesia” correspondientes a alteraciones de distintos tipos de memoria; las “apraxias”

(deterioro en la ejecución de actos motores aprendidos); las “agnosias” (alteración en el reconocimiento de objetos y situaciones); la “demencia” y el “deterioro” por fallas conjuntas de memoria, cogniciones, juicios, personalidad, etc. Aunque desde sus comienzos, a mediados del siglo XIX, la Neuropsicología clínica logró importantes avances como subdisciplina de la Neurología, solo la aparición de los estudios imagenológicos avanzados del cerebro (tomografía axial computarizada, resonancia nuclear magnética funcional, tomografía por emisión de positrones, ecoencefalografía), durante las décadas de los setenta y los ochenta del siglo XX, le permitió aclarar con más exactitud la relación existente entre región cerebral dañada y competencia mental alterada. Gracias al desarrollo paralelo de la Neurofisiología clínica, que estudia señales electromagnéticas (electroencefalografía, electromagnetografía, potenciales evocados), fue posible conocer variaciones y trastornos funcionales del cerebro, que, como se sabe, opera a través de la transmisión de tales señales.

Estas nuevas tecnologías —que no son invasivas—, más allá de su importancia clínica, y de mejorar el antiguo método de formular hipótesis sobre el funcionamiento mental normal a partir de los daños cerebrales, abrieron la posibilidad de estudiar el funcionamiento del cerebro y sus correlatos mentales y conductuales a partir de sujetos sanos. Ese nuevo escenario ha impulsado un florecimiento de la Neuropsicología y sus tecnologías anexas inimaginable hace solo algunas décadas. Actualmente hay grupos que, además de avanzar en el estudio tradicional de las facultades mentales, trabajan en asuntos tales como el procesamiento cerebral de las experiencias religiosas, de las decisiones económicas, de las valoraciones estéticas, de la moral y las relaciones humanas, del apego materno-infantil, del amor de las parejas, etc. Esta expansión de los intereses de la antigua Neuropsicología, limitada hasta hace poco a formular inferencias sobre las funciones normales a partir de cerebros enfermos, le ha hecho posible incorporar a sus estudios otras áreas de la Psicología, que hoy no pueden prescindir del conocimiento neuropsicológico.

El segundo conjunto de disciplinas que puede considerarse parte constituyente de la Neurobiología del conocimiento está configurado por aquellas que, de un modo u otro, se vinculan con la evolución de la vida y, más precisamente, con las teorías neodarwinianas. Como sabemos, dichas teorías agregan a las hipótesis esenciales formuladas por Charles Darwin al promediar el siglo XIX, posteriores avances fundamentales en genética y evolución (Paleontología, por ejemplo), hasta llegar últimamente a la completa descripción del genoma humano. Actualmente hay pocas discusiones sobre la existencia de una naturaleza humana fundada en la dotación genética propia de nuestra especie, y que no solo determina el color del pelo y de los ojos y las estructuras anátomo-funcionales y metabólicas de nuestros cuerpos, sino también los dispositivos cerebrales que, activados por experiencias significativas, generan y desarrollan las competencias mentales necesarias para conocer y aprender. Las evidencias paleontológicas sobre la evolución de la especie humana encontradas a partir de ancestros primates (tal como lo supuso Darwin), son hoy día abundantes y permiten disponer de un árbol evolutivo de los homínidos, cuyo origen se remonta a 6 o 7 millones de años y que, a través de sucesivas etapas, culmina en nuestra especie actual, el *Homo sapiens sapiens*. Naturalmente, esos avances hacen posible afirmar que nuestro cerebro y nuestras capacidades mentales también han evolucionado.

El impacto de la moderna Teoría de la Evolución sobre la Neurobiología del conocimiento es múltiple. Para los propósitos de este libro interesa solo destacar dos áreas de dicha influencia. En primer lugar, los fundamentos genéticos de la maduración y desarrollo del niño y del adolescente. Cuando Jean Piaget proponía las diversas etapas de desarrollo de las competencias mentales del niño, y describía los mecanismos que hacen posible su maduración (asimilación, acomodación, etc.), sostenía que estaba trabajando con un nuevo concepto científico, que llamó Epistemología genética. Aunque siempre se resistió a vincular sus propuestas con la Neurofisiología de los procesos cerebrales, de hecho lo estaba haciendo, pese

a que en su tiempo no existían los actuales conocimientos sobre plasticidad cerebral y genética del desarrollo y del aprendizaje.

La segunda área de influencia es la que genera el hecho de que los dispositivos cerebro-mentales tienen un fundamento genético común a todos los miembros de nuestra especie (la naturaleza humana). Ese fundamento hace posible rastrear pautas conductuales también comunes a los distintos grupos, culturas y subculturas aparecidas a lo largo de la historia. Este grueso supuesto, que será discutido y matizado en diversos capítulos y apartados de este libro, es por ahora suficiente para los fines de esta Introducción, pues nos permite identificar un conjunto de disciplinas que forman parte por derecho propio de la Neurobiología del conocimiento. La Etología, ciencia dedicada al estudio de las conductas animales en cada medio ambiente, nos hace reconocer que estamos insertos en la cadena evolutiva de la vida, particularmente si consideramos la Etología comparada y la Primatología, que investigan los comportamientos de nuestros parientes cercanos, los primates superiores. La búsqueda de constantes biológicas compartidas con nuestros ancestros, pero específicas del *Homo sapiens* original (aparecido hace 180.000 años en el Paleolítico superior), es el tema de la Etología humana (de raíz europea) y de la Sociobiología o la Psicología evolutiva (EE.UU.). Del mismo modo, la Etnología comparada, que estudia las costumbres e instituciones de culturas humanas primitivas (y desde hace poco, también modernas), encuentra ciertas regularidades en los deseos, creencias, comportamientos y formas de organización social que aparecen constante y universalmente, y que son imposibles de explicar sin el supuesto de una naturaleza humana común a todas ellas: normas morales básicas, creencias en dioses (o espíritus), parejas estables, jerarquías (poder y prestigio) y organización social, creación y difusión de tecnologías, formas de comunicarse y negociar, etc. De hecho, en las últimas décadas, junto con la Etología comparada, han surgido grupos de trabajo que investigan y publican en ámbitos tales como Neuroeconomía, Neuroética, Derecho y

Neurohistoria. Se ha desarrollado además con un nuevo vigor la Neurofilosofía, cuyos orígenes fueron la Epistemología y la Filosofía del lenguaje.

Un enfoque tradicional no habría considerado como fuente de información para elaborar un ensayo sobre la Neurobiología del conocimiento y el aprendizaje, las disciplinas tributarias de la Teoría de la Evolución. Y habría considerado solo al pasar las ciencias constituyentes de la Neuropsicología, que —como hemos visto— dejó de referirse exclusivamente a los aspectos clínicos (sujetos con daño cerebral), para estudiar también las funciones cerebro-mentales de las personas sanas. La mayor parte de las consideraciones, si no todas, se habrían hecho a partir de los enormes avances de las neurociencias propiamente tales, que estudian en laboratorios muy especializados, y a través de experimentos controlados, las funciones y ultraestructuras de los componentes fundamentales del cerebro humano y de los cerebros animales. Por supuesto, investigan mucho más estos últimos, por evidentes razones éticas que dificultan el uso de métodos invasivos en cerebros humanos vivos.

Las razones del crecimiento exponencial del conocimiento neurocientífico son también, como en el caso de la Neuropsicología, de tipo tecnológico. Los neurocientíficos pueden estudiar la biología intracelular de las neuronas, sus metabolismos, su bioquímica y sus intercambios biónicos, la activación y transducción de genes, la conducción electroquímica en axones y dendritas, neurotransmisores y neuromoduladores sinápticos, y un largo etcétera, a través de micropipetas, microscopía electrónica, registros intracelulares con microelectrodos o trazadores histoquímicos, etc. Así se ha logrado identificar, con precisión, estructura, funciones y conexiones de corteza, y núcleos cerebrales, redes y vías neuronales, su probable papel en percepción, memoria, emociones y otros tipos de procesamiento fundamentales. Sin embargo, las neurociencias experimentales más básicas no han logrado modelos comúnmente aceptados en su intento de explicar la relación que existe entre estos dispositivos neuronales fundamentales y las funciones

cerebrales de alto rango, como conciencia y subjetividad, intencionalidad y volición, propósitos abstractos de largo plazo, gramáticas lingüísticas y morales, y varias otras competencias, que probablemente dependen de interacciones sumamente complejas, de amplias y muy distribuidas redes neuronales, cuyo funcionamiento conjunto y coordinado recién empezamos a entender.

Desde el punto de vista de las interacciones sistémicas complejas, es necesario considerar además un conjunto de disciplinas de base matemática, que podemos reunir, de manera algo laxa, alrededor de los estudios sobre sistemas complejos adaptativos. Sus hipótesis y teorías tienen múltiples orígenes: Teoría de Sistemas, cibernética (y su insistencia en la retroalimentación), computación, inteligencia artificial y robótica, diversas formas de modelamiento matemático, estudios sobre complejidad y caos, etc. Su posible aplicación es verdaderamente transversal, pues puede cubrir sistemas complejos constituidos por poblaciones humanas (ciudades, transporte, salud, etc.); procesos de producción fabril, minera o forestal; comportamientos de los mercados; funcionamiento de poblaciones animales y vegetales en determinados nichos ecológicos; el calentamiento global, o el comportamiento de partículas subatómicas. Naturalmente, a poco andar, quienes estudian los sistemas adaptativos complejos se dieron cuenta de que el cerebro humano es el sistema adaptativo más complejo que conocemos, pues no solo permite simular procesos neurales en el computador, sino que además ha provisto a los neurobiólogos de conceptos y de lenguajes matematizados anteriormente inaccesibles: retroalimentación, redes, espacios y modelos de codificación y decodificación, asociatividad y procesamientos paralelos, *bottom-up* y *top-down*, creación de algoritmos funcionales y procesos ejecutivos, modelos neurales y mentales de reconocimiento de patrones y de activación de programas operacionales, etc.

En los diversos capítulos de esta obra, el lector encontrará informaciones, conocimientos e hipótesis (a veces propias del autor) que provienen de los cuatro grupos de disciplinas que

alimentan y constituyen la moderna Neurobiología del conocimiento. Está claro, sin embargo, que aun así nos falta mucho para entender cabalmente cómo funciona el cerebro. Tenemos muchas preguntas y pocas respuestas. Más hipótesis por comprobar que conocimientos indubitables. Pero hay algunos interrogantes resueltos. El más importante se relaciona con la afirmación básica de este libro: el aprendizaje es un proceso biológico e inevitable. Los seres vivos, y con mucha mayor razón los seres humanos, deben aprender para conocer su ambiente y operar eficazmente en él, a través de predicciones.

La multiplicidad de insumos intelectuales utilizados en el texto influye también, y mucho, en su estructura. *El cerebro y la educación. Neurobiología del aprendizaje* está organizado en cinco secciones de varios capítulos cada una. La primera, “El aparato del conocimiento”, describe en el capítulo 1 el cerebro humano, su estructura y funciones, identificando sus componentes elementales (neuronas, sinapsis, redes) y algunos principios básicos del funcionamiento conjunto de esos componentes. También analiza los procesos neurobiológicos más fundamentales del aprendizaje, tanto desde el punto de vista de la dotación genética de los sujetos (y de la especie) como a partir de las experiencias de vida. En el capítulo 2 se llama la atención sobre una de las tesis fundamentales de este libro: que el conocimiento genera mayor eficacia biológica, pues permite anticipar y predecir las condiciones y tendencias (físicas y sociales) del entorno, y constituye así una instancia privilegiada para definir y adoptar conductas destinadas a alcanzar metas, conductas que a su vez son indispensables para que los seres vivos cumplan su finalidad elemental: sobrevivir y reproducirse. Este objetivo primario está enormemente desarrollado en los humanos, pues hemos constituido nuestros propios ambientes a través de la tecnología, la organización social, la cultura y sus instituciones. Tales creaciones surgen porque las hipótesis inscritas en nuestro genoma son insuficientes para predecir un mundo tan complejo y variable.

La segunda sección, “La construcción del mundo”, muestra en el capítulo 3 que el aprendizaje es siempre una inacabada

tarea de conocer y representar una realidad y un sí mismo que están constantemente modificándose. Y como la realidad más importante para el ser humano es la social, se agrega en esta sección el tema “La Neurobiología de la vida en sociedad”.

En la tercera sección, los capítulos 5, 6 y 7 son los más extensos del libro. En ellos se exploran los procesos neurobiológicos del aprendizaje: atención y percepción, memoria, emociones y sentimientos, capacidad de razonar y juzgar. En el capítulo 6 encontramos otra de las tesis importantes de este libro: la concepción de las emociones y los sentimientos como una forma especial de conocer y saber. Por esta razón, el capítulo 8 explora las diferencias entre el “saber objetivo”, de base racional, y el “saber simbólico”, más anclado en las emociones y sentimientos.

La cuarta sección describe las tres capacidades más propiamente humanas –las del *Homo sapiens sapiens*–, dedicando el capítulo 10 a una visión integrada de la comunicación y el lenguaje, y los capítulos 11 y 12 a los procesos ejecutivos y la conciencia superior, respectivamente.

La quinta y última sección, “Una visión de conjunto”, está destinada a un tratamiento más integrado y sintético de una serie de antecedentes, informaciones e hipótesis que fueron expuestas de un modo analítico en todos los capítulos anteriores. La forma necesariamente detallada de la exposición en tales capítulos no hace justicia al modo como trabaja el cerebro, pues su arquitectura funcional está precisamente organizada para lograr integración y coherencia entre los distintos módulos y dispositivos neurobiológicos y las facultades de la mente que se les correlacionan. Por esta razón, el capítulo 13 retoma las preguntas centrales de la obra: “para qué”, “qué” y, sobre todo, “cómo se aprende”, e insiste en la relación que existe entre el aprendizaje y los entornos sociales concretos de cada individuo. El capítulo 14 continúa esta discusión, considerando el aprendizaje como factor biológico central en la incorporación de cada persona a su propia cultura, la significación que esto tiene para la educación formal, y destacando la importancia individual y cultural de los aprendizajes tempranos.

Dado que este es un libro orientado a la comunidad educativa, en su sentido más amplio y general, es decir, a educadores, profesores de los educadores, psicólogos, investigadores en educación, gestores, autoridades educacionales, y también a especialistas de otras disciplinas interesados en saber más sobre el cerebro y el aprendizaje (Neuroeconomía, Neuroética, Derecho, Neurofilosofía, etc.), y que no necesariamente tienen formación en las cuatro raíces de la Neurobiología del conocimiento como la concibe el autor, ha parecido necesario incluir, en los capítulos pertinentes, explicaciones en lenguaje accesible y algo más detalladas que las habituales, sobre los hallazgos e hipótesis de las distintas disciplinas que sirven de fundamento a los diversos análisis y propuestas que se presentan a lo largo del texto.

Para mejor focalizar estas consideraciones hacia la comunidad educativa, sus intereses y preocupaciones, contamos con la inestimable y permanente colaboración de la señora Julia Romeo Cardone, profesora emérita en Educación de la Universidad de Chile. Respecto a la accesibilidad del lenguaje y al ordenamiento de los temas y sus contenidos, el autor debe agradecer la calidad humana y profesional, y constancia de los esfuerzos desplegados por la editora de este volumen, señorita Renée Viñas Joan, profesora y máster en Educación, Universidad de Ohio, quien preparó además las referencias por materias que se agregan al final del libro. Estas fueron seleccionadas con el propósito de orientar al lector sobre asuntos que puede consultar si desea profundizar en algún tema específico. Las referencias están agrupadas en un índice temático y una bibliografía temática.

El índice temático presenta por orden alfabético los términos más importantes que aparecen en el libro y las páginas que abordan su uso.

La bibliografía temática tiene la siguiente organización: primero, una bibliografía sobre Neurobiología y Neuropsicología general, y luego, bibliografías particulares según el orden de los capítulos, prefiriendo los textos en español, cuando ello es posible.

PRIMERA SECCIÓN

EL APARATO DEL CONOCIMIENTO

CAPÍTULO 1

EL CEREBRO QUE APRENDE

Antes de recorrer algunos hitos destacados de la Neurobiología del conocimiento, parece conveniente dedicar un espacio a la descripción somera del órgano especializado en la adquisición de conocimiento a través del aprendizaje, y en la generación de conductas y comportamientos. Este es, obviamente, el *cerebro*. Sin embargo, es necesario insistir en que, además del cerebro, hay otros dispositivos biológicos capaces de algún nivel de *aprendizaje*, siempre que definamos este último como “modificaciones anátomo-funcionales inducidas ‘por’ y ‘para’ relacionarse mejor con el medio”, tanto para evitar daños como para aprovechar ventajas. Entre los sistemas capaces de modificarse están el sistema inmunológico, el sistema muscular, el sistema cardiovascular, el respiratorio y algunos otros.

El aprendizaje así definido es una constante biológica indispensable para sobrevivir en ambientes variables o, en el caso de especies más desarrolladas, frente a propósitos y metas cambiantes. Incluso los árboles y las plantas se modifican, buscando el sol con sus hojas y ramas, o nutrientes con sus raíces.

Es obvio que esta definición de aprendizaje –“variaciones adecuadas para acomodarse a un ambiente determinado”– puede resultar muy amplia. Sin embargo, como se verá en detalle en los capítulos siguientes, el aprendizaje humano, pese a su enorme complejidad, sirve a la misma finalidad: *acomodarse para prosperar*. Desde este punto de vista, el *genoma* y las competencias innatas de cualquier especie constituyen una “*hipótesis de trabajo*” (K. Lorenz, 1970) sobre el ambiente al que

cada individuo llega, hipótesis generada por un “aprendizaje evolutivo”. En efecto, la supervivencia del más apto es posible porque “los más aptos” poseen genes que les permiten acomodarse mejor a un ambiente determinado –en el que viven y se reproducen–, por lo que puede decirse que el equipamiento genético supone la existencia de determinadas condiciones ambientales, es decir, contiene hipótesis sobre ese medio, que puede ser acuático para los peces, praderas para los herbívoros y bosques para los monos, los cuales tienen genéticamente determinadas las capacidades biológicas apropiadas: branquias y escamas los primeros, estómagos especializados los segundos, manos y pies prensiles los terceros.

De esta manera, la única posibilidad biológica de sobrevivir y prosperar es que los individuos y las especies “conozcan” anticipadamente las condiciones del medio al que llegarán, lo que constituye un *aprendizaje evolutivo*.

Dada la importancia biológica del aprendizaje, no es raro que los *mecanismos biológicos de aprendizaje, control y operaciones conductuales* hayan aparecido muy tempranamente en la evolución de la vida. Estos dispositivos, simples en grupos muy primitivos, pero muy complejos en los humanos, están basados en *células especializadas (neuronas)* y en sus *conexiones (sinapsis y redes neuronales)*, que han mantenido su estructura básica por cientos de millones de años, en todas las especies conocidas. De hecho, E. Kendall, originalmente psicoanalista, obtuvo el Premio Nobel de Medicina (2000) por sus trabajos sobre memoria y aprendizaje en la *aplysia*, una babosa de mar que solo tiene algunos miles de neuronas, por lo que se encuentra a distancias siderales del cerebro humano, no obstante lo cual, sus neuronas y redes operan de manera similar.

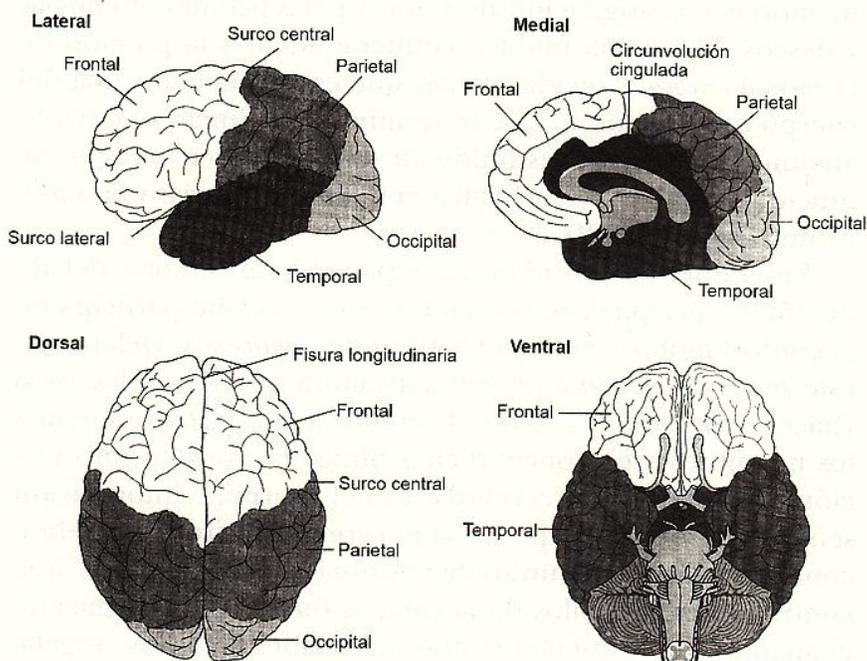
1. EL CEREBRO HUMANO

Se ha sostenido que el cerebro humano es el sistema físico más complejo de la creación. Se debería agregar que hasta hoy es escasamente conocido, a pesar de los avances logrados,

sobre todo en las últimas décadas, tal como se indicó en la Introducción. Conectado con el mundo mediante los sistemas sensitivo-motores (visión, audición, motilidad, etc.) que articulan *conductas* (también las lingüísticas), pesa en promedio solo 1,3 kg (el 2% del peso corporal), pero consume el 20% de la glucosa y del oxígeno disponibles en la sangre, que le llegan a través de un sistema circulatorio muy especializado, que tiene particularidades que no se repiten en ningún otro órgano del cuerpo.

A simple vista, es posible identificar en la Ilustración 1 dos *hemisferios*, prácticamente idénticos (aunque funcionalmente algo diferentes), unidos y comunicados por un grueso y extenso haz de fibras llamado *cuerpo calloso*, que permite su coordinación funcional.

Ilustración 1
Las estructuras del cerebro: lóbulos

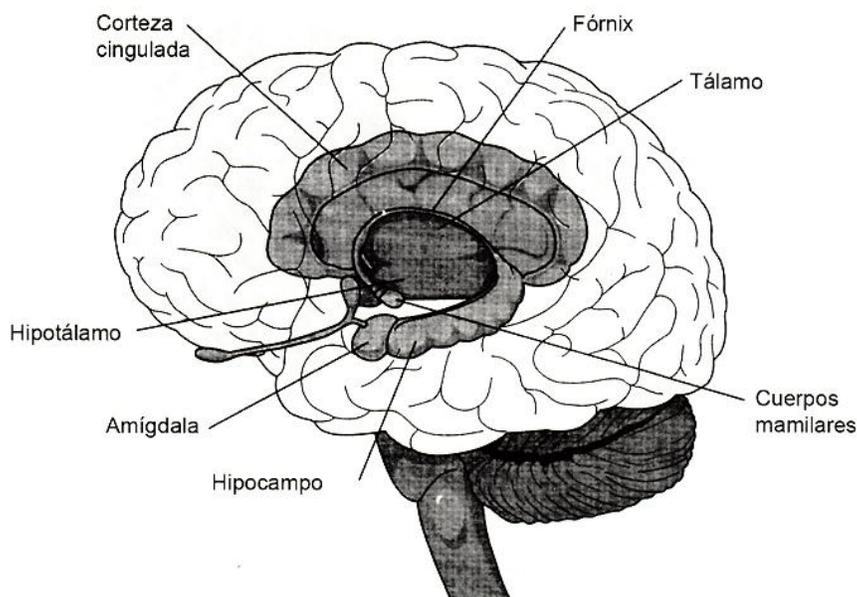


Fuente: Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. McGraw-Hill, México, 2004, pág. 52.

En la superficie del cerebro pueden observarse pliegues y hendiduras que generan *circunvoluciones*, y cuatro regiones mayores: los *lóbulos*, que tienen cierta especialización funcional. De atrás hacia adelante encontramos el *lóbulo occipital*, vinculado con la visión, y el *lóbulo parietal*, relacionado con el manejo del espacio y del propio cuerpo en el ambiente; de ahí el papel que cumple en la noción de identidad, especialmente en el hemisferio derecho. Bajo este se halla el *lóbulo temporal*, que procesa la audición, la comprensión del lenguaje, las emociones más fundamentales y parte importante de las memorias. Por delante se localiza el *lóbulo frontal*, cuya *región posterior alta* procesa las conductas motoras; la *región posterior baja a izquierda*, el lenguaje expresivo, y la *región prefrontal* se relaciona con el razonamiento, la solución de problemas y la regulación de orden superior de la conducta. En la cara interna de cada hemisferio se ubica un conjunto de regiones denominado *sistema límbico*, que se relaciona con las emociones, las memorias y la asignación de valor a percepciones, creencias y deseos. El sistema límbico contiene además la porción de la *corteza cerebral* llamada *cíngulo*, que está situada encima del cuerpo calloso, con lo que se termina de delinear el circuito anátomo-funcional constituido en sede del procesamiento de funciones tan básicas y antiguas como las memorias y las emociones (Ilustración 2).

En el interior del *cráneo*, acompañando al cerebro, debajo del lóbulo occipital, se encuentra el *cerebelo*, que participa en el control motor y en algunos tipos de *cogniciones*. Delante de este se ubica el *tronco cerebral*, estructura que reúne las *fibras* (haces de *axones*) que van del cerebro a la *médula*, y de esta a los miembros y el tronco; dichas fibras transportan información motora desde el cerebro hacia el cuerpo, e información sensitiva desde el cuerpo hacia el cerebro. El tronco cerebral contiene además conjuntos de neuronas llamados *núcleos*, que controlan los músculos de la cara, la fonación, la deglución, el aparato cardiovascular y otras actividades llamadas “vegetativas”, que regulan automáticamente (sin participación de la conciencia) los procesos vitales más importantes. Por último,

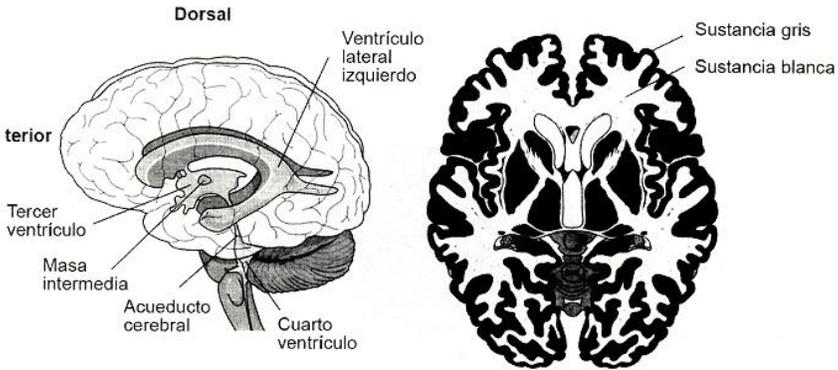
Ilustración 2
Las estructuras del cerebro: sistema límbico



Fuente: Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. McGraw-Hill, México, 2004, pág. 62.

al cortar el cerebro horizontalmente, se puede distinguir la corteza cerebral, de color gris, que contiene las neuronas; la sustancia blanca, compuesta de fibras que comunican partes del cerebro o el cerebro completo con otros dominios corporales; varios conjuntos de neuronas llamados *núcleos de la base*, y el *tálamo*, que regulan el intercambio de información (llegada y salida) entre la periferia y la corteza. Bajo el tálamo existe un conjunto de núcleos denominado el *hipotálamo*, del cual cuelga la llave maestra del aparato hormonal, la *hipófisis*, que estimula, inhibe y ajusta los diez tipos de hormonas de todo el cuerpo. El hipotálamo tiene además varios otros núcleos, vinculados con los apetitos primarios (hambre, sed, instinto sexual), los ritmos circadianos (sueño, vigilia) y otros controles vegetativos superiores (Ilustración 3).

Ilustración 3
Las estructuras del cerebro: corteza, núcleos y sustancia blanca

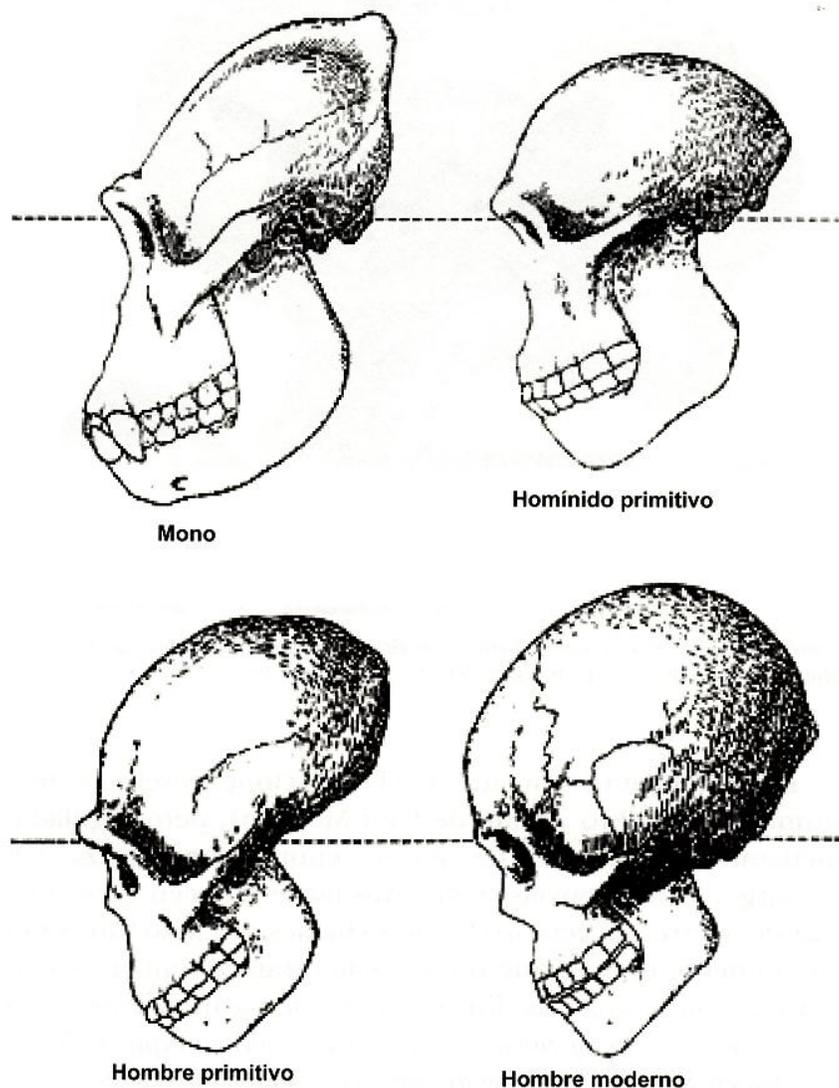


Fuente: Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. McGraw-Hill, México, 2004, pág. 62.

Si se compara el cerebro humano con los de otras especies mamíferas, incluyendo en estas a nuestros más cercanos primos, los primates superiores, pueden observarse los cambios evolutivos ocurridos, especialmente en el lóbulo frontal. La característica y pronunciada convexidad antero-superior de este lóbulo en los humanos contrasta con el aplanamiento que muestra en los primates. Si se compara la relación que existe entre el peso del cerebro humano y el peso corporal total, con la que existe en ballenas y elefantes, las diferencias son aún mayores. En una palabra, la mera observación macroscópica de nuestro cerebro revela importantes diferencias respecto al de cualquier otra especie. Y este mayor desarrollo no es solo cuantitativo (Ilustración 4).

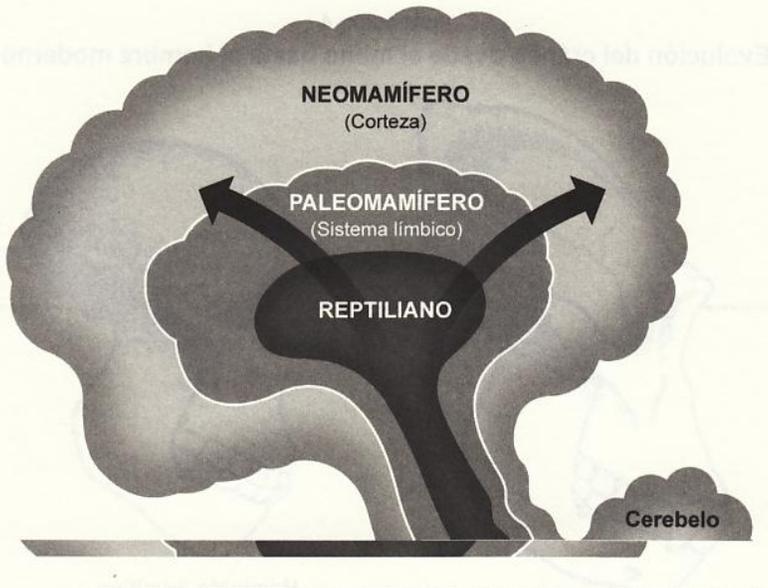
La evolución ha ido agregando progresivamente regiones cerebrales que procesan funciones distintas. A los meros controles vegetativos y al desarrollo de *conductas simples* (cerebro reptiliano) se sumaron, en una segunda etapa, las funciones que procesa el sistema límbico o corteza paleomamífera (emociones, memoria más avanzada). Finalmente, apareció la corteza neomamífera, que procesa *habilidades superiores* (Ilustración 5).

Ilustración 4
Evolución del cráneo desde el mono hasta el hombre moderno



Fuente: *Selecciones Scientific America*. Editorial Blume, Madrid, 1979.

Ilustración 5
Trayectoria de evolución



Fuente: Ratey, John J. *A User's Guide to the Brain. Perception, Attention, and the Four Theaters of the Brain.* Vintage Books, EE.UU., 2002, pág. 10.

En los humanos se mantienen las porciones cerebrales más primitivas (cerebro Triuno de Paul McLean), pero reguladas mediante los controles de nuestra enorme neocorteza. Sin embargo, las diferencias cualitativas no se reducen a los sistemas de control. El cerebro humano ha desarrollado funciones enteramente nuevas, que no se encuentran ni siquiera en las especies más avanzadas. Entre ellas se destacan el *lenguaje*, la *conciencia superior*, el *juicio moral*, la *lógica formal explícita*, la *lógica matemática*, las *simbologías estéticas*, los *propósitos abstractos de largo plazo*, la *tendencia a trascender* el aquí y el ahora, y algunas más. En capítulos posteriores se abundará en estas funciones mentales exclusivamente humanas.

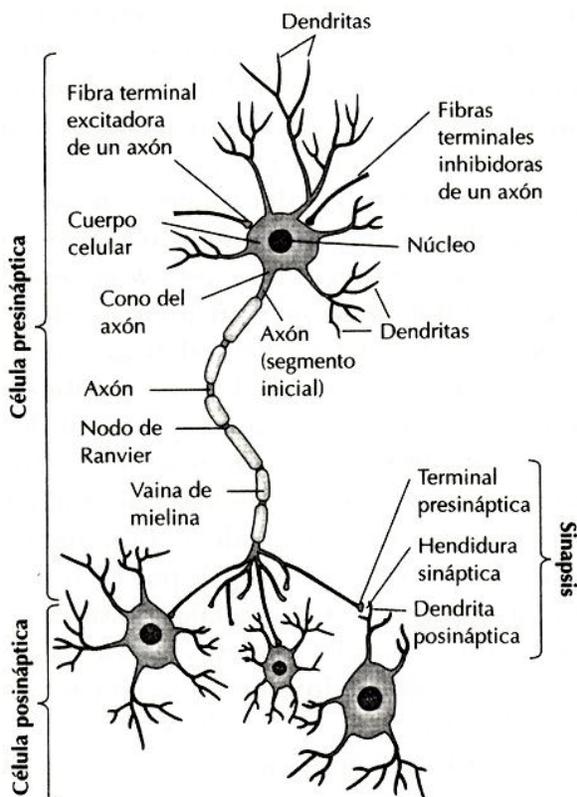
Es paradójal, sin embargo, que estas diferencias sustanciales no se encuentran cuando se observa la estructura microscópica del cerebro y sus diversos componentes. Es como si la indudable mayor complejidad funcional de nuestro cerebro, comparada con la del cerebro del chimpancé (con el que compartimos un 98,5% de los genes), no se fundamentara en la realización de procesos celulares diferentes, sino solo en un incremento muy significativo del número de redes neuronales involucradas. Esto implica más neuronas, más sinapsis, más conexiones, un mayor número de *niveles de procesamiento* en los que se computa la información, y un aumento de la magnitud de los *procesamientos* paralelos y de la densidad de conexiones entre *redes secuenciales* y *paralelas*. En una palabra, el enorme mejoramiento del cerebro humano respecto al de los primates, y del de estos sobre el de los monos, etc., se fundamenta, al parecer, en cambios cuantitativos más que cualitativos, tanto locales (lóbulos frontales y parietales) como generales (peso total, número de neuronas y sinapsis), puesto que la lógica de funcionamiento de las redes neuronales no varía.

Sin duda, es difícil aceptar que esto sea así, cuando se trata, por ejemplo, del lenguaje, lo moral y la conciencia superior, pero esas son las evidencias disponibles hasta este momento. Debe señalarse, no obstante, que se han encontrado algunos tipos de células (neuronas fusiformes, neuronas espejo) que solo existen en primates superiores y que son más abundantes en el hombre que en sus primos.

2. LOS COMPONENTES ELEMENTALES: NEURONAS, SINAPSIS Y REDES

Hay 100.000 millones de *neuronas* en cada *encéfalo* humano. Cada una de ellas hace contacto con entre 5.000 y 10.000 otras neuronas (Ilustración 6). Además de estas, existen las células de soporte llamadas *glía*, que contribuyen al apoyo físico de las neuronas, al mismo tiempo que a sus intercambios metabólicos. Últimamente, se les asigna además una función en la

Ilustración 6
Esquema de una neurona típica



Fuente: Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. McGraw-Hill, México, 2004, pág. 23.

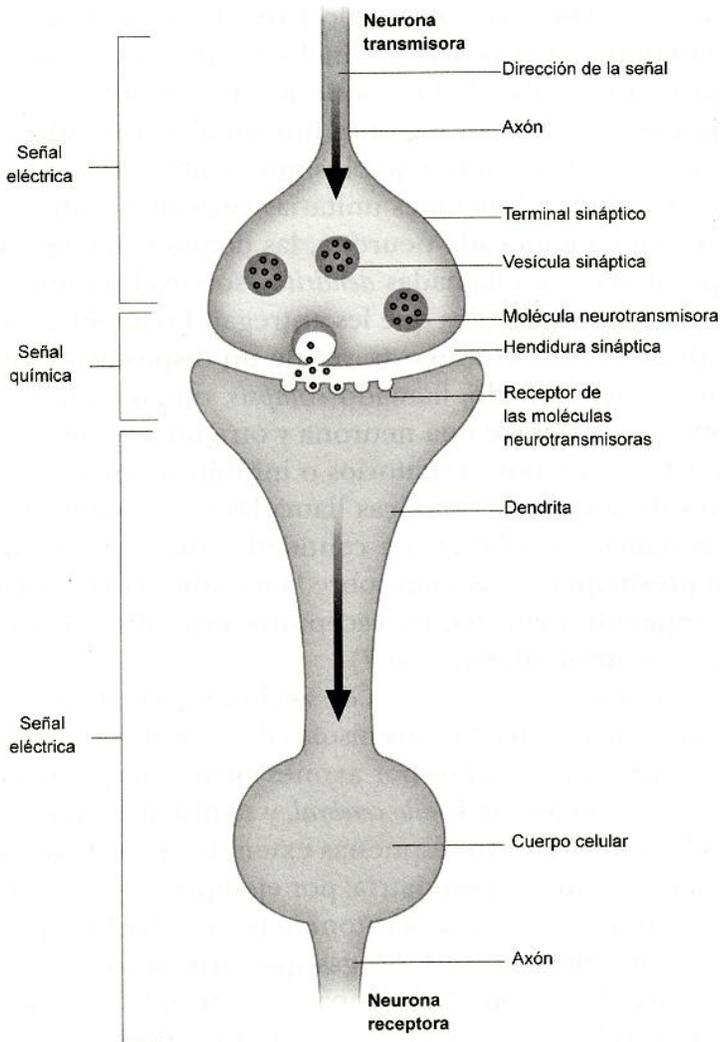
transmisión de señales. Es interesante destacar que las células gliales, de las cuales hay cuatro tipos, son más abundantes que las neuronas.

Las neuronas se comunican unas con otras, y con otros órganos, como la piel, las vísceras y los músculos, a través de su *axón*, que constituye la prolongación que da salida a la activación neuronal (excitatoria o inhibitoria), y que puede tener hasta cerca de un metro de longitud, como los que van de la médula espinal a los músculos del pie, o de la piel a la médula espinal. Los axones intracerebrales tienen longitudes diversas:

más largos los que transcurren de un hemisferio al otro, a través del cuerpo caloso, y los que conectan las regiones posteriores (occipitales) con el lóbulo frontal; más cortos los que relacionan regiones cercanas e incluso redes neuronales de la misma región. Cabe destacar que los axones intracerebrales más largos, que asocian regiones funcionales separadas, se establecen más tardíamente que los que configuran redes locales que computan funciones unitarias (módulos). Mientras el axón es único para cada neurona, las demás prolongaciones, siempre más cortas, llamadas *dendritas*, son exclusivamente receptoras de los estímulos que les entregan los axones. Axones y dendritas se comunican a través de un dispositivo muy particular, ya mencionado, llamado *sinapsis*, o más bien “espacio sináptico”, pues entre una neurona y otra no hay continuidad física, y los estímulos excitatorios o inhibitorios se transmiten a través de sustancias químicas llamadas *neurotransmisores*. Dichas sustancias se liberan en cantidades discretas en un terminal presináptico, y actúan sobre la membrana postsináptica de la siguiente neurona, en receptores específicos para cada neurotransmisor (Ilustración 7).

Los neurotransmisores son de acción rápida. Los *neuromoduladores*, que son neurotransmisores de acción más lenta pero más amplia, son liberados por axones cuyos cuerpos celulares están en los núcleos del *tallo cerebral*, y se distribuyen por todo el cerebro, modulando respuestas extensas y coordinadas. Sus efectos se utilizan en psiquiatría; por ejemplo, en el uso de medicamentos que activan la serotonina para tratar la depresión, o en la administración de drogas que producen satisfacción por simular la acción de la dopamina. Se utilizan asimismo los que se relacionan con la memoria (acetilcolina) y con el aumento de actividad (noradrenalina). También actúan como neurotransmisores ciertos compuestos proteicos llamados neuropéptidos, como las endorfinas, que son capaces de bloquear la percepción cerebral del dolor, algunas hormonas especiales (oxitocina en el apego), y otras generales, que llegan al cerebro por vía sanguínea y activan o inhiben receptores específicos (testosterona y deseo sexual).

Ilustración 7 Sinapsis

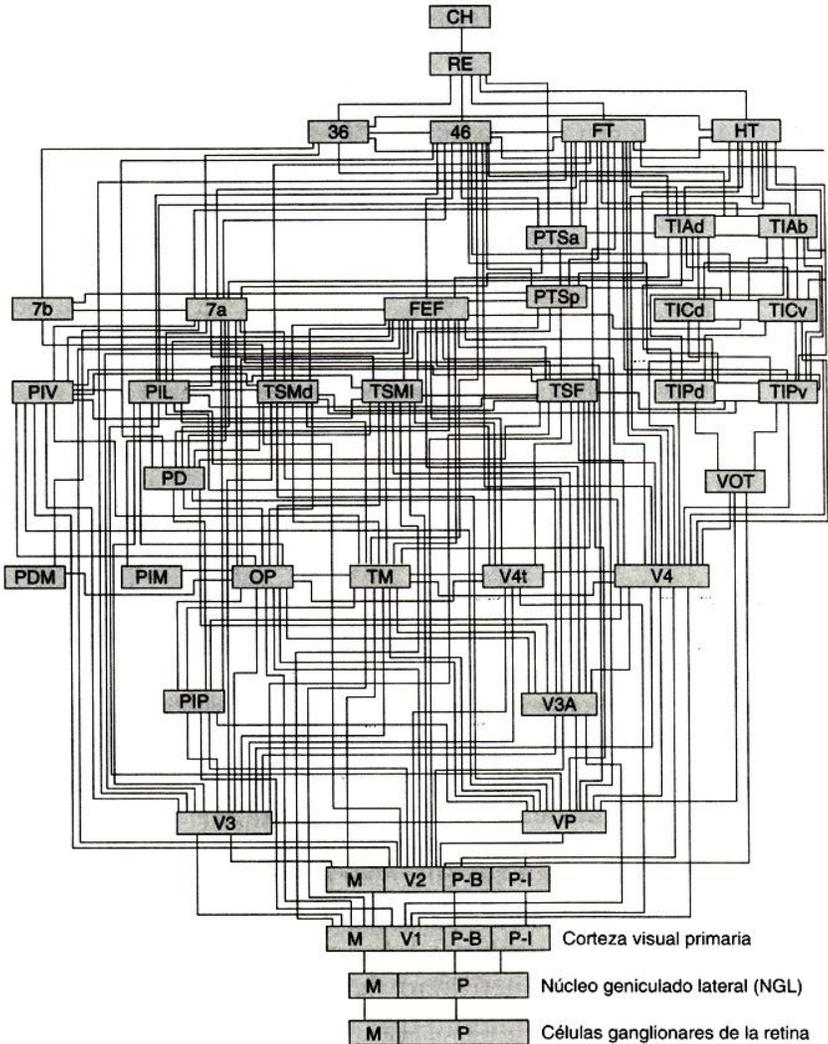


Linden, David J. *The Accidental Mind*. The Belknap Press, Harvard University Press, EE.UU., 2008, pág. 33.

Como puede verse, las sinapsis –cuyo número en cualquier cerebro adulto es inimaginable: 10 elevado a 14– se constituyen de algún modo en el centro privilegiado donde se establecen relaciones muy complejas y coordinadas de conjuntos

de neuronas que constituyen *redes neuronales*. Algunas de estas son de “dedicación exclusiva”, como sucede en la retina y en las secuencias iniciales del procesamiento visual en el lóbulo occipital (Ilustración 8).

Ilustración 8
Redes neuronales. Modelo de su complejidad



Fuente: Smith, Edward E. y Kosslyn, Stephen M. *Procesos cognitivos. Modelos y bases neuronales*. Pearson Education, S.A., Madrid, 2008, pág. 56.

En el otro extremo de la cadena hay redes y conjuntos de redes que procesan funciones mucho más generales y abstractas, como ocurre en la región prefrontal, que trabaja en asuntos tales como definición de programas conductuales para alcanzar determinadas metas. Entre estos dos polos se producen miles de etapas y niveles de procesamiento secuencial y paralelo de las informaciones que llegan del exterior debido a experiencias sensitivo-sensoriales (*bottom-up*, o de abajo hacia arriba), pero que son modificadas y reconstruidas por los conocimientos que el cerebro ya posee (contenidos de memorias, *estructuras formales de procesamiento*, resultados e impactos emocionales previos, etc.), y que operan de arriba hacia abajo (*top-down*). Sin embargo, es posible considerar, con fines puramente didácticos, ya que la realidad es obviamente más compleja, seis niveles de procesamiento:

- Ingreso de la información sensitivo-sensorial y ordenamiento unimodal (visión, audición, etc.).
- Organización multimodal de la información (percepciones de situaciones complejas con figuras, espacios, ruidos, olores).
- Áreas de asociación supramodal (con memoria, emociones, lenguaje, etc.).
- Procesamiento de habilidades cognitivas superiores (evaluación, valoración, significación, normativa, programática, etc.).
- Definición de programas de acción y conductas (motoras, lingüísticas, etc.).
- Ejecución de conductas.

Esta secuencia, que de algún modo se corresponde con áreas cerebrales específicas (ingreso por regiones posteriores, asociación con áreas medias, evaluación, programación y conductas en regiones anteriores), no siempre opera en ese orden. Como se ha dicho, la actividad de las redes puede iniciarse en las áreas de procesamiento más complejo en la región prefrontal (*top-down*), situación que llamamos “intencionalidad”, y que al hacerse consciente constituye la “voluntad”. También

es posible que, frente a un peligro cierto, su percepción visual active directamente las conductas motoras de huida, sin que la información sea procesada por la corteza prefrontal.

De este modo, los estímulos perceptivos, motivacionales, conceptuales y conductuales crean, definen o estabilizan, a través de modificaciones sinápticas, redes específicas y por tanto no aleatorias, que, como se verá más adelante, se constituyen en el *fundamento neurobiológico del aprendizaje* y que, como tales, se mantienen o modifican, de acuerdo con nuevas experiencias (estímulos) y con el *desarrollo y maduración genéticamente determinados del cerebro*.

Esta capacidad de estabilizar y, eventualmente, modificar redes neuronales según su uso, está en la base de la así llamada *plasticidad cerebral*, que es posible no solo porque se estructuran activamente nuevas conexiones y sinapsis, sino porque, además, pueden generarse o desaparecer neuronas. Naturalmente, estos procesos son mucho más activos en el recién nacido, pero se mantienen en grado menor hasta el fin de la vida. Todo esto significa que, a nivel neuronal, la plasticidad cerebral es un hecho físico. En este sentido, cabe destacar que las memorias implican cambios reales de sinapsis, estructuración de redes y conexiones, y cambios intraneuronales. Incluso, ciertas competencias complejas pueden aumentar el número de neuronas y redes. Por ejemplo: un violinista experto desarrolla en las áreas corticales que manejan la mano izquierda más neuronas, más redes y sinapsis. Igualmente, psicoterapias bien hechas cambian las estructuras neuronales en las regiones apropiadas. Queda claro, entonces, que “el aprendizaje puede existir porque pueden cambiar sinapsis, redes y neuronas”.

3. ALGUNOS PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO CONJUNTO DEL CEREBRO

Sin duda, la mera configuración de sinapsis y redes neuronales no explica el funcionamiento del cerebro. Aun cuando sigue habiendo muchas incógnitas (por ejemplo: cuál es el

correlato neurobiológico de la autoconciencia subjetiva y la voluntad), existen suficientes evidencias como para plantear algunos principios que regulan los *procesos cerebrales* en su conjunto. Estos son:

3.1. Jerarquía y secuencia

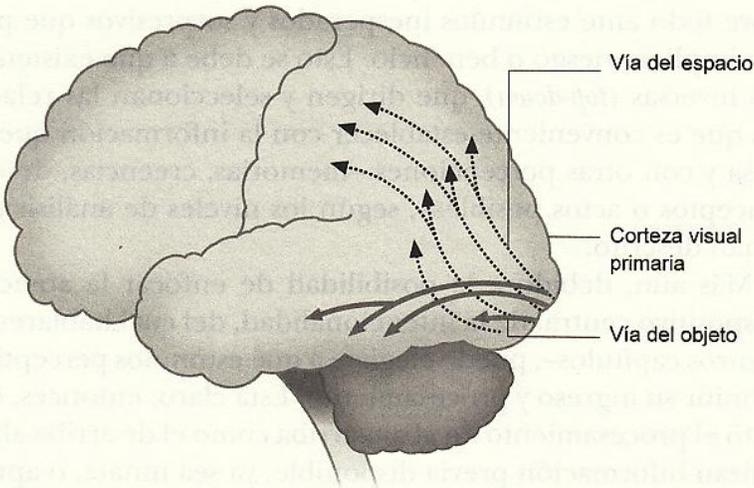
Los procesos cerebrales se desarrollan siguiendo un orden muy estable, particularmente en las etapas iniciales, a partir del ingreso de información por los órganos sensoriales. Los *procesos son jerarquizados y secuenciales*. La ruta más conocida es la visual, por lo que seguiremos muy brevemente ese camino, pese a que las demás (audición, gusto, olfato, tacto y cinesesia) también siguen secuencias ordenadas, según su propia modalidad.

La primera estación de la vía visual es la recepción de fotones (luz) por la retina, que está compuesta de receptores especializados (conos y bastones) y ordenados a partir de su concentración en un punto central o focal (con lo cual se puede leer y percibir colores, por ejemplo). Esta información es computada por varias capas neuronales de la retina, y se envía codificada hasta una primera estación de relevo en un núcleo especial del tálamo llamado núcleo geniculado lateral, donde es reordenada para ser enviada a la corteza occipital, y puede además hacer conexiones con otras áreas, por ejemplo los núcleos del tronco cerebral que manejan los músculos que mueven los ojos. La mirada (como movimiento conjunto de los dos ojos hacia un objeto) también puede dirigirse desde otros centros.

La información recodificada llega a la corteza visual primaria separada en sus componentes: luminosidad, bordes y formas, color, movimientos (del objeto que se mira). En sucesivas etapas, la imagen visual se integra –asociación unimodal–, hasta estar lista para ser enviada por dos caminos: uno superior, occipital parietal, que procesa los componentes “espaciales” de la imagen compleja (vía del dónde), y otro inferior, occipital temporal, que procesa el componente constituido por los objetos que se incorporan en la imagen (vía del qué). En este

último lugar (lóbulo temporal, especialmente en el hemisferio derecho), la información visual se conecta con un área particularmente extensa en los humanos, cuyas redes neuronales son capaces de reconocer caras. En la estación parietal (espacio), la información visual se conecta con información cenestésica (que recoge información del propio cuerpo), lo que permite saber qué relaciones tiene el espacio externo con el individuo, y su propia posición en el espacio (Ilustración 9).

Ilustración 9
Procesamiento secuencial y paralelo



Fuente: Linden, David J. *The Accidental Mind*. The Belknap Press, Harvard University Press, EE.UU., 2008, pág. 87.

En estas etapas, la información visual se conecta además con otras modalidades perceptivas (auditiva, olfativa, táctil, etc.), con lo que la información se hace aún más compleja, porque integra la información de varias entradas en imágenes globales del mundo exterior y de la posición que uno ocupa en él (asociación multimodal). Luego, este conjunto de informaciones arriba a las cortezas asociativas, donde se integra con memorias, emociones, creencias, deseos y componentes básicos de las funciones cerebro-mentales, que agregan así valor y significación a la imagen percibida. Finalmente, las conexiones entre

regiones asociativas y lóbulos frontales posibilitan evaluar las percepciones según metas y propósitos de más alto rango, y definir conductas activando las regiones motoras y lingüísticas. Esta es la vía llamada “*bottom-up*”, que ya hemos señalado anteriormente.

Este ingreso más o menos pasivo de información (visual en este ejemplo), y sus sucesivas etapas, prácticamente parece mantenerse ajeno a la intencionalidad. Pero esto es así solo en las primeras etapas de construcción de representaciones de situaciones o de objetos, en sus espacios externo y personal. De hecho, la recepción pasiva de información es rara; ocurre sobre todo ante estímulos inesperados y sorprendivos que pueden implicar riesgo o beneficio. Esto se debe a que existen las vías inversas (*top-down*), que dirigen y seleccionan las relaciones que es conveniente establecer con la información que ingresa y con otras percepciones –memorias, creencias, deseos, conceptos o actos posibles–, según los niveles de análisis que se han descrito.

Más aún, debido a la posibilidad de enfocar la atención –dispositivo central de la intencionalidad, del cual hablaremos en otros capítulos–, puede elegirse a qué estímulos perceptivos permitir su ingreso y procesamiento. Está claro, entonces, que tanto el procesamiento de abajo-arriba como el de arriba-abajo utilizan información previa disponible, ya sea innata, o aprendida a través de experiencias pasadas y ya procesadas.

La importancia de las vías *top-down* es enorme. Permiten, por ejemplo, elegir qué observar en un bosque: la microfauna o los helechos, si se es un naturalista; los árboles más rectos y firmes, si se es un constructor de cabañas de madera, o los cursos de agua con más cauce y caída, si el interés es construir centrales hidroeléctricas. Pero la intencionalidad actúa antes, desde la decisión de ir al bosque, y por qué medios, etc.

3.2. Paralelismo

Si miramos con cuidado el ejemplo de jerarquía y secuencialidad de la percepción visual, podremos observar que siempre,

en la vida normal de cualquier individuo, hay *procesamientos en paralelo*.

Los componentes de la imagen visual (luz, color, forma, movimiento) ingresan por separado en la primera estación de la corteza occipital, y son integrados en pasos sucesivos (unimodales), hasta construir *relaciones intermodales* (auditiva, olfativa, cenestésica, etc.) y *asociaciones supramodales* (memorias, emociones, etc.). Esto implica una multitud de *procesamientos simultáneos y en paralelo* de las diversas informaciones, puesto que para encontrarse y relacionarse deben ser procesadas al mismo tiempo en sus distintas *cualidades*, en el caso de la percepción, o en sus distintos *dominios supramodales* (memoria y reconocimiento, emociones, conceptos y significación, etc.). Pero hay muchos más. En cualquier situación se puede atender a ciertos componentes adicionales y procesarlos paralelamente a la información perceptiva directa.

Por ejemplo, si alguien está en un cóctel, pueden interesarle especialmente las ideas y las palabras que solo uno de los interlocutores emite, o los relatos chismosos que hace otro detrás de él (por lo cual enfoca allí su atención auditiva), o la niña de vestido azul que está más allá. Pero también puede ser que esa fiesta le recuerde a su hermano recientemente fallecido, y que esa asociación le provoque un sentimiento de tristeza.

El procesamiento masivo en paralelo permite al cerebro operar con mucha rapidez, a pesar de que la circulación de señales en neuronas, axones y sinapsis es mucho más lenta que la velocidad de las conexiones electromagnéticas de los computadores actuales. Al mismo tiempo, siendo un órgano de funciones generales de tipo “analógico”, cuyos resultados pueden representarse geoméricamente a través de curvas, lo hace a partir de disparos neuronales, cada uno de los cuales es “todo o nada”, esto es, de forma “digital”, tal como la mayoría de los computadores. Esto lo logra porque, aunque cada disparo es todo o nada, el conjunto de neuronas en paralelo tiene una leve diferencia temporal, por lo que el resultado es una curva constituida por múltiples puntos digitales.

3.3. Integración

Pese a que los procesamientos secuenciales de abajo-arriba y de arriba-abajo, las asociaciones multi y supramodales, y los paralelismos de diversos tipos que hemos indicado pudieran hacer pensar casi en un caos, cada uno de nosotros tiene en su conciencia la idea de que el mundo exterior es estable desde muchos puntos de vista (físico, humano, social, normas y costumbres, etc.), y que uno es siempre el mismo.

Esta estabilidad parece deberse, en primer lugar, a que el mundo externo se rige por regularidades y normas tanto físico-matemáticas como sociales, que permanecen y se conocen. Y uno es el mismo siempre porque tiene memorias diversas de sí mismo (declarativas, emocionales, genéricas, procedurales, etc.), y porque recibe información siempre igual de su propio cuerpo, del cual se es consciente solo cuando se produce un cambio, que aunque no siempre es registrado por la conciencia, lo es por las regiones cerebrales pertinentes. De otra manera, ¿cómo se percibiría el cambio?

Más aún, es el propio sistema de procesamiento informacional del cerebro el que produce *modelos del mundo y de uno mismo, integrados y estables*. Ello se debe a varios factores concurrentes:

- Procesamiento jerarquizado y secuencial.
Incluye en cada paso una enorme cantidad de retroalimentaciones constantes de redes neuronales integradas.
- Procesamiento en paralelo.
Asocia redes trabajando en el mismo tópico, de modo que vincula distintos aspectos de la percepción con contextos emocionales, mnésicos, conceptuales, lingüísticos.
- Integración *top-down*.
Coordina los diversos procesos para elaborar estrategias destinadas a resolver problemas (intencionalidad).

No obstante lo anterior, parece que es la masiva retroalimentación, tanto vertical (arriba-abajo y abajo-arriba) como

horizontal (redes y asociaciones paralelas), la que produce la creciente integración, pues opera dentro de cada red, entre redes, entre sistemas y dominios diferentes. Esta integración y estabilidad de los modelos del mundo, del sí mismo y de sus operaciones sobre el mundo es progresivamente mejor en la vida de un individuo, porque en las primeras etapas del recién nacido todo es nuevo, y este debe ajustar y reajustar sus redes constantemente. En la tercera edad, casi nada es novedoso, y la mayoría de las redes neuronales se han estabilizado hace mucho tiempo.

Aunque esos procesos no son conscientes, está averiguado que es la *conciencia* la que hace posible la unificación, coherencia e integración de los contenidos subjetivos de la mente despierta. Aunque los correlatos neurobiológicos de la conciencia superior no son suficientemente conocidos, su función unificadora de las experiencias parece claro, como veremos más adelante.

3.4. Actividad espontánea permanente

La última característica de la arquitectura funcional del cerebro que se debe destacar es que se trata de un órgano en permanente actividad. Una particularidad esencial de las neuronas es que tienen *actividad espontánea de transmisión y procesamiento*. En cultivos de neuronas en placas de Petrie, producen por sí mismas disparos de potenciales de acción bioeléctricos, y pueden conectarse con las sinapsis mediante la liberación de neurotransmisores. Asimismo, en fetos de cualquier animal puede registrarse actividad de neuronas apenas maduras. Por último, diversas técnicas neurofisiológicas (electroencefalograma, por ejemplo) constatan la permanente presencia de actividad neuronal, que solo cesa con la vida. De hecho, la muerte cerebral (electroencefalograma plano) es el indicador más confiable del final de la persona. Esta posibilidad de actividad espontánea, es decir, que no requiere estímulos externos para activarse, tiene muchas consecuencias en Neurobiología. Se destacan tres muy importantes:

- Permite producir imágenes, recuerdos, pensamientos subjetivos y conductas sin estímulos externos, excepto los necesarios para permanecer despierto.
- Explica que el cerebro sea capaz de construir y mantener imágenes y conceptos operativos muy dinámicos, y al mismo tiempo estables, pero flexibles, “del” y “sobre el” mundo.

Son estas imágenes y modelos, contruidos y ajustados incesantemente en tanto el sujeto tiene experiencias, los que el cerebro aplica a cada nuevo estímulo, estimando su valor y significación y, de ser apropiado, induciendo modificaciones de sinapsis y redes. Existe una variabilidad local de la actividad neuronal relacionada con el tipo de información (formal y material) que cada región o sector del cerebro procesa.

De esta manera, cualquier nuevo estímulo (experiencia) debe acoplarse e incorporarse a la actividad siempre presente, de redes y sistemas neuronales, lo que significa que las nuevas experiencias se integran a la historia (genética y aprendida) de cada cerebro. Así se asegura una *consistencia longitudinal* en el tiempo de los procesos neurobiológicos, y con ello de la propia mente.

Dado que esta actividad neuronal espontánea de base no es homogénea en los diversos momentos del día, la posibilidad de incorporar nuevos estímulos (experiencias) es también variable. En consecuencia, la disposición de cada región del cerebro para aceptar nuevas informaciones (cognitivas, emocionales o corporales) o activar pensamientos y conductas cambia en el curso del día. Esa variabilidad está vinculada con un muy complejo sistema de relojes internos del cerebro, que influyen en las descargas hormonales, las cuales tampoco son homogéneas, y dependen además de condiciones del entorno (luminosidad, alimentación, temperatura, etc.). El resultado práctico es que en los diversos momentos del día, en las distintas estaciones del año, y también en las diferentes

épocas de la vida, las posibilidades de aprender, pensar, desarrollar afectos y actuar son también algo diferentes. Esto no significa, sin embargo, que la actividad neuronal espontánea de base no sea estable en cada persona y en la especie. Se ha propuesto que el mecanismo neurobiológico que hace posible que los genes activen las tendencias que transmiten (tal como sucede con las experiencias que permiten aprender), opera mediante el fortalecimiento de redes y sistemas neuronales, cuyos procesos se manifiestan a través de la actividad neuronal espontánea.

- Fundamenta la esencial actividad proactiva de exploración, curiosidad y puesta a prueba del medio (físico, tecnológico, social y cultural).

Ello hace posible el aprendizaje activo. Es evidente que esta última consecuencia se transforma en un factor crucial para cualquier individuo (o especie) que requiere sobrevivir y reproducirse, pues le permite detectar las oportunidades y riesgos, presentes y esperables, en el ambiente específico en que vive.

3.5. Epigénesis y emergencia

Los conceptos de *epigénesis* y *emergencia* se refieren a la aparición de atributos, características y capacidades nuevas como producto de la relación entre dos elementos que por sí mismos no las explican. El ejemplo más cercano es el del agua, cuyos constituyentes (2 átomos de hidrógeno y 1 de oxígeno = H_2O) tienen características físicas y químicas totalmente diferentes a las de la molécula de agua.

Cuando los constituyentes básicos de una determinada capacidad biológica emergente son total o parcialmente innatos, se habla de epigénesis. En el caso de los sistemas neuronales, sus constituyentes básicos son parcialmente innatos, porque de hecho tienen siempre un componente aprendido.

El concepto de emergencia no distingue los componentes innatos de los aprendidos, estableciendo solo que la capacidad,

atributo o función nueva es el resultado de la interacción entre los diversos elementos constituyentes, que por sí mismos no lo explican, cualquiera sea su origen.

Por supuesto que las interacciones neuronales son inconmensurablemente más complejas que las del hidrógeno y el oxígeno para formar el agua. El estudio de sistemas complejos adaptativos, como el cerebro, ha mostrado que las nuevas capacidades epigenéticas pueden “emerger” cuando se trata de sistemas con relaciones no lineales, con influencias recíprocas entre componentes extremadamente complejos y eventualmente variables en el tiempo (según cuándo se produce la interacción) y en el espacio (según qué componentes interactúan). Lo importante es que el atributo, característica o función que emerge (epigenéticamente) no solo es distinto a sus componentes, sino que tampoco puede reducirse a ellos. El todo es, literalmente, mucho más que sus partes. Hay buenas razones para suponer que en cada nivel de procesamiento cerebral existen atributos emergentes. Las integraciones (*binding*) modales, intermodales y asociativas son, en cada caso, de un carácter distinto a la mera suma de sus componentes. Lo mismo ocurre con funciones cognitivas de alto rango. Los atributos de la memoria, las emociones, la racionalidad, el lenguaje y los procesos ejecutivos, entre otros, no son solo explicables por sus componentes, como veremos en los capítulos correspondientes.

4. EL DESARROLLO Y LA MADURACIÓN ONTOGENÉTICA

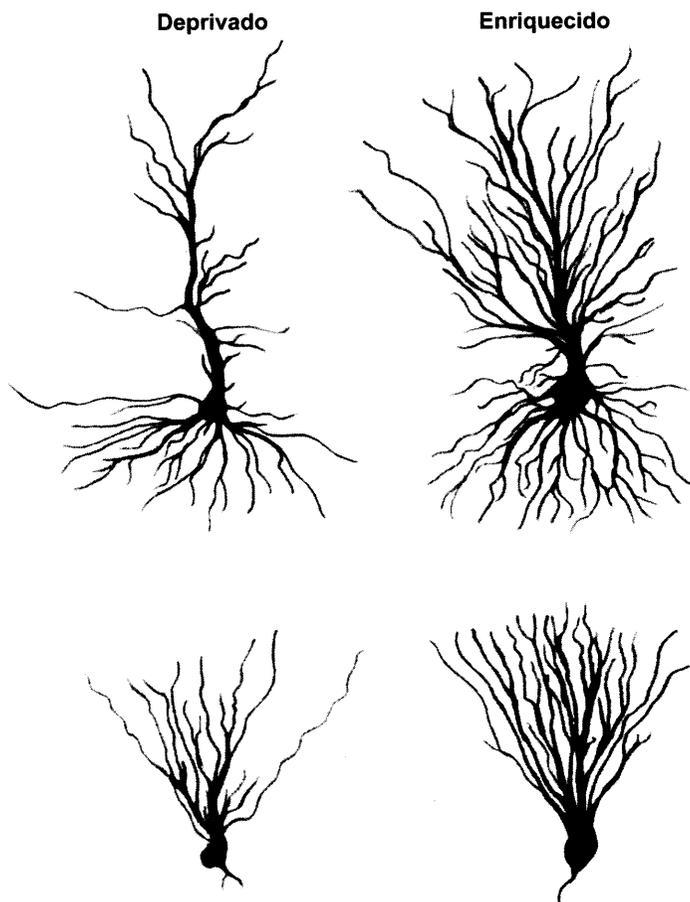
Desde las pioneras y sistemáticas investigaciones de Jean Piaget, en la primera mitad del siglo pasado, se ha avanzado enormemente en la descripción de las sucesivas etapas por las que pasa el desarrollo físico y mental del niño. Aunque es un tema de altísimo interés para la educación, la existencia de muy buenos tratados y manuales hace posible no insistir aquí en el detalle de las etapas y niveles de esa progresiva maduración, excepto en algunos componentes neurobiológicos

importantes para el aprendizaje, y que por lo general se mencionan menos.

El propio Piaget puso siempre el acento (como base de su “Epistemología genética” y sus centrales conceptos de asimilación y acomodación) en que el conocimiento se construía progresivamente en una suerte de escalones, de tal manera que los superiores se afirmaban en los inferiores, y dependían de ellos. Había, por supuesto, descansos más largos en la escalera, por ejemplo, entre los 6 y 11 años (período de las operaciones concretas), pero la secuencia era inevitable, y se sostenía por sí misma. Sin embargo, nunca conectó específicamente los componentes neurobiológicos cerebrales con esta *secuencia de maduración epistemológica*. No podía hacerlo, porque los conocimientos de su tiempo sobre funcionamiento y maduración del cerebro eran bastante precarios. Casi por la misma época, Lev Vigotski llamó la atención sobre el papel de la familia y la cultura en los procesos de aprendizaje, pero sin abundar en los componentes neurobiológicos que hacen posible estas influencias. Su discípulo S. Luria sí lo hizo, aunque su preocupación central fue el cerebro adulto.

Esto ha cambiado en los últimos decenios, gracias a un mayor conocimiento neurobiológico, y especialmente de la así llamada plasticidad cerebral, que puede definirse como “la capacidad general de las neuronas y las sinapsis para cambiar de propiedades en función de su estado de actividad”. Dicho cambio, y su estabilización debido al uso, generan la flexibilidad abismante del cerebro adulto, y también, por supuesto, su posibilidad de aprender. La plasticidad interviene desde las etapas tempranas de la vida fetal, y puede explicar el aprendizaje y su evolución en cada individuo. En efecto, el *desarrollo del cerebro infantil* depende de dos variables destacadas. Una, *la maduración*, cuyas etapas, duraciones, ritmos y relaciones entre dominios (facultades) están genéticamente programadas, a través de la aparición de redes neuronales y sus conexiones. La otra, *la activación por el uso* de tales redes a través de las experiencias, esto es, de neuronas, sinapsis y sus vías de conexión (axones y dendritas) (Ilustración 10).

Ilustración 10
Plasticidad, aprendizaje y privación



Fuente: Linden, David J. *The Accidental Mind*. The Belknap Press, Harvard University Press, EE.UU., 2008, pág. 76.

Este es, por cierto, un desarrollo continuo, al que contribuye además la mejoría en la calidad de las conexiones a través de vías (axones y dendritas) que maduran en diversos tiempos por medio de un proceso llamado *mielinización axonal*, también regulado genéticamente. La mielinización consiste en que cada una de las fibras neurales se recubre de una capa aislante, la mielina, que hace mucho más eficaz la transmisión de señales bioeléctricas.

Las redes neuronales que manejan la vida vegetativa (cardiovascular, respiración, función intestinal, nutrición, etc.) se mielinizan antes del nacimiento, junto con el reflejo de succión y la vía óptica. Las que manejan el lenguaje maduran a partir de los 6 a 8 meses, y las de la marcha, alrededor del año. Las redes vinculadas con las emociones son de aparición prenatal (recuérdese la sonrisa y el llanto del niño); las de la memoria declarativa se establecen solo a partir de los 3 años, y las relacionadas con la teoría de la mente, a los 4. La mielinización completa del lóbulo prefrontal es bastante tardía (12 a 14 años), y algunas neuronas y sus conexiones aparecen en el lóbulo prefrontal después de los 21 años. Hay axones que nunca se mielinizan.

Ahora bien, estos procesos neurobiológicos (maduración y plasticidad) no bastan para aprender y adquirir conocimientos. Están programados genéticamente para estar disponibles, y persisten en períodos determinados, siempre que reciban la activación necesaria producida por la experiencia. Tales espacios de disponibilidad (redes neuronales compuestas de neuronas, sinapsis y conexiones) definen los así llamados *períodos críticos*, que se conocen bastante bien en lo relativo al lenguaje, cuya posibilidad de aprendizaje se cierra a los 14 o 15 años y llega a su máximo entre los 2 y 9 años, para luego decaer. Esto hace que los períodos y etapas piagetanas tengan un correlato neurobiológico cercano. Pero también confiere veracidad a la hipótesis de Vigotsky, quien insiste más en el efecto de la estimulación, a través de las experiencias que proveen la familia, la escuela y el entorno social, que además de estimular aportan los contenidos culturales específicos que cada uno aprende.

Es importante destacar que esta maduración y desarrollo, genéticamente inducidos, no operan solamente para ciertas competencias o funciones básicas. No solo las memorias y las emociones deben ser estimuladas para que las redes neuronales que las sustentan se establezcan y desarrollen; también deben serlo las funciones mentales superiores (lenguaje, capacidad lógico-matemática, etc.) y las funciones que generan la vida social (moral). Este concepto de activación y entrenamiento de

funciones mentales superiores es muy importante, y lo examinaremos con detención más adelante.

5. LOS COMPONENTES INNATOS DE LA VIDA MENTAL

“Los genes no controlan el destino humano, pero sí contribuyen a la personalidad, el temperamento y las cualidades que hacen único a cada individuo, así como a los atributos que hacen única a la especie humana” (Gary Marcus, 2003).

La primera y obvia consideración que surge de una visión realista del cerebro humano (y también del de las demás especies) es que en los distintos individuos pertenecientes a la misma especie, la organización anatómica del cerebro es prácticamente idéntica, como también lo es su fisiología. Las variaciones estructurales y funcionales entre individuos sanos no se alejan de los promedios más que, por ejemplo, la forma e individualidad de las caras, la estatura y otras características corporales genéticamente determinadas o influidas. Todos tienen lóbulos occipitales que procesan la visión de manera muy compleja, pero uniforme; lóbulos temporales frontales y parietales que hacen lo suyo, y otras estructuras y microestructuras corticales y subcorticales que se organizan y funcionan en patrones perfectamente definibles y predecibles para cada especie. De igual manera, los procesos que definen el crecimiento y desarrollo del organismo, desde el óvulo fecundado hasta la edad adulta, no tienen, en individuos sanos, más diferencias que las estadísticamente esperables en poblaciones con grados variables de heterogeneidad genética y que viven en ambientes muy diversos, por lo cual no es sorprendente encontrar *fenotipos mentales* distintos. Recuérdese que llamamos fenotipo a la estructura física y conductual de cada individuo, resultante de la conjunción de sus características innatas con sus experiencias y acontecimientos biográficos.

Se dirá que estas son consideraciones algo triviales, porque la discusión sobre influencias ambientales se concentra en el rol de la experiencia, y el aprendizaje, en la determinación de

los *contenidos de la vida mental*. Entre dichos contenidos se encontrarían los supuestos y conceptos transmitidos por la cultura y el lenguaje, las formas de comportamiento, los valores y el manejo de las emociones, etc. Esta idea, que en general es verdadera, por lo menos para la cultura, debe ser modulada, debido a la existencia de una multitud de ejemplos de la vida animal y de competencias propiamente humanas que parecen contradecirla. Basta mencionar solo un caso para comprobarlo.

Los pájaros construyen sus nidos sin tener un aprendizaje previo, a pesar de que en ocasiones se trata de estructuras muy complejas (el hornero argentino, por ejemplo), con espacios, formas y características muy definidas e invariables. Son construidas exactamente en la época requerida por las necesidades de la nidación (clima, disponibilidad de alimentos, luz, sol, lluvia, etc.). La única forma de explicar estas conductas, que con frecuencia significan división del trabajo entre los progenitores, es aceptar la existencia de *capacidades innatas*, esto es, transmitidas genéticamente. Por supuesto, algunas especies deben además aprender, del ambiente específico en el que se encuentran, las características y posibilidades de los elementos del entorno que requieren para construir su nido (ramas, hojas, pelo, etc.).

El problema consiste en que no sabemos bien cómo se las arreglan los *genes* y sus productos (*proteínas*) para hacer que el cerebro del ave desarrolle conductas orientadas a un fin tan complejo y específico. Tampoco sabemos bien cuáles redes neuronales son activadas, en qué orden (secuencial o en paralelo), o cómo operan las retroalimentaciones y el *control ejecutivo*, etc. Desconocer cómo se instalan y desarrollan los algoritmos necesarios para construir un nido no permite inferir que esa capacidad no sea innata. En el caso del cerebro humano, el ejemplo más evidente, entre otros que se indicarán luego, es el del *lenguaje* y las seguramente innatas *gramáticas fundamentales*. Tampoco conocemos las redes neurales precisas que hacen esto posible y cómo es que la *información genética* genera, mantiene, opera y modifica tales redes, etc.

Estos casos dan cuenta de varias hipótesis. En primer lugar, que hay conductas muy complejas (animales y humanas) que

tienen muy fuertes componentes no aprendidos, es decir, que son transmitidas, parcial o completamente, a través de genes. En segundo lugar, que no conocemos bien los modos específicos a través de los cuales el *genoma* llega a ser un fenotipo particular. Sabemos que opera por medio de proteínas, que hay genes activadores e inhibidores de otros genes o conjuntos de ellos, etc. La Genética, la Proteómica y la Biología celular y molecular son disciplinas muy desarrolladas, pero no lo suficiente como para explicar cumplidamente y en detalle cómo operan las bases genéticas de las competencias biológicas, particularmente las mentales. Esto se debe a varios factores.

El genoma no es un diagrama exacto del precableado de la mente, ni la imagen del producto terminado. No es un plano del cerebro, como lo desearía un arquitecto. Lo que lo define son procesos muy dinámicos y, en cada paso, con opciones más parecidas a una receta de cocina que a planos detallados. Sabemos que no hay correspondencia unívoca entre los genes, células y estructuras que constituyen un organismo. Tampoco, por supuesto, entre genes específicos y conductas específicas; pero hay, probablemente, algunas excepciones, como las que se encuentran en ciertas patologías humanas, aunque en estos casos el gen defectuoso sea solo parte de un conjunto más amplio que define la característica. Sabemos además que la influencia de los genes no es pareja. Una diferencia del 1% en el genoma puede dar origen a mentes totalmente diversas; recordemos que esa es la diferencia entre nosotros y los chimpancés. Un solo cambio en la configuración del gen puede causar trastornos mentales devastadores (demencia de Huntington). Por otra parte, el número de genes es demasiado reducido (30.000) para contener un plano detallado del cerebro, que tiene 100.000 millones de neuronas, cada una de las cuales se conecta con otras a través de 5.000 a 10.000 sinapsis. Aunque la Biología del desarrollo (la antigua Embriología) enfrenta aún muchas incógnitas, estamos entendiendo mejor las *estrategias innatas* que hacen posible la construcción, mantenimiento y modificaciones del cerebro humano, el más complejo “dispositivo” existente en el universo, y con esa relativamente exigua cantidad de genes.

A pesar de todas estas limitaciones, hoy sería posible hacer una especie de resumen, elemental e incompleto, de los *componentes de la mente* que, probablemente, tienen una base genética, y de sus relaciones con las influencias del entorno, es decir las experiencias, para determinar en conjunto las características y el funcionamiento del fenotipo mental. Desde este punto de vista, es necesario recordar las observaciones incluidas en el punto 3.5 sobre epigénesis y emergencia, que dan cuenta de la aparición de atributos y capacidades funcionales nuevas, a partir de elementos basales genéticos y aprendidos, pero distintas a los de esos componentes y no reductibles a ellos, con lo que la relación innato-aprendido se hace aún más compleja.

Por otra parte, es factible describir una amplia variedad de componentes innatos, posiblemente presentes en la actividad mental. Puede ser que algunos se vinculen con características muy generales de redes neuronales ampliamente distribuidas, y que, al operar sobre diversas competencias, parezcan ser específicos y acotados a cada una de ellas. Por ejemplo, la capacidad de generalizar, categorizar y abstraer es probablemente un tipo de programa precableado, que por ser de carácter general puede encontrarse tanto a nivel perceptivo (clases de objetos y personas) como en niveles cognitivos superiores (conceptos, ideas), o en el manejo de las memorias y las emociones y sus complicados procesos de depósito y recuperación. Más adelante se expondrán otros ejemplos de este tipo.

Como hemos visto, los procesos neurales se asocian, podríamos decir, vertical y horizontalmente, con lo que las conductas concretas definidas son, para cada caso, el resultado de muy complejos procesamientos *bottom-up* y *top-down*, en paralelo y en asociación. Estos complicados procesos, solo parcialmente conocidos hoy día, pueden mostrarse con un ejemplo lingüístico.

5.1. Procesos neurales. Un ejemplo lingüístico

Los procesos neurales, en una expresión como “estoy de acuerdo”, deberían reunir al menos los siguientes elementos para expresar la sentencia:

- Percibir una pregunta.

Esto pone en acción los aparatos de recepción auditiva, que informan de la llegada de esos estímulos a los centros de comprensión del lenguaje, los cuales deben buscar en sus bancos de memoria el significado de las palabras (fonológica y semánticamente) y su ordenación gramatical, que le otorga un segundo sentido (sintaxis).

En este trayecto han participado una serie de estructuras anatómicas funcionalmente innatas. Por ejemplo, los órganos auditivos que codifican la información acústica, que en el caso de los humanos cubre solo ciertos rangos de amplitud y frecuencia de onda. Ha seguido un procesamiento cortical en una región genéticamente definida (lóbulo temporal izquierdo), que ha debido recurrir a la memoria lexical, cuyos contenidos han sido culturalmente aprendidos, pero organizados y clasificados según formatos originalmente innatos. Por otra parte, el ordenamiento de las palabras de la pregunta, para adquirir un significado comprensible, ha debido ser analizado a partir de normas gramaticales propias de cada idioma, pero con bases no aprendidas, esto es, igualmente innatas.

- Comprender la pregunta.

Además de entender el significado puramente lingüístico de la pregunta, que podría ser: “¿Vamos al cine?”, se debe acudir a un sinnúmero de datos directos y contextuales para responder: “Estoy de acuerdo”. La persona debe saber qué es el cine, si desea ver esa película, si le agrada el interlocutor, si el tono y prosodia de su voz fue apropiado (hemisferio derecho), si la gesticulación y la expresión de la cara al hacer la pregunta fue conveniente (región temporo-occipital derecha y conexiones prefrontales), etc.

- Toma de decisión para cumplir la tarea.

Si todos estos antecedentes son apropiados, debe decidir si va o no al cine. Para ello debe saber, por ejemplo, si tiene otras tareas que cumplir, si afuera hace frío, qué ropa puede llevar (memorias de corto y largo plazo), si el cine

está lejos y tiene estacionamiento para ir en auto, si teme que alguien la vea con quien la invita (si es una mujer), etc. En este proceso se recurre a la memoria de trabajo, que reúne para la toma de decisión ejecutiva todas las informaciones directas, contextuales y consecuenciales que se requieren. Este formato de procesamiento cognitivo superior es también innato, aunque, por supuesto, no sus contenidos. De gran amplitud y potencia en los humanos, la memoria de trabajo tiene componentes conscientes y no conscientes (no quiere ir al cine, pero no sabe muy bien por qué). Estos últimos, eventualmente, y a veces con esfuerzo, admiten el escrutinio de la conciencia autorreflexiva propia de nuestra especie.

- Desarrollo de la acción.

En este caso, la acción que se ha decidido es un acto del habla, es decir, una respuesta verbal: “Estoy de acuerdo”. Para decir “Estoy de acuerdo”, el sistema ejecutor (función ejecutiva cerebral) debe realizar una serie de procesos mayores. El primero es enviar estímulos desde las regiones córtico-frontales de la convexidad (toma de decisión) a las zonas premotoras (organización de la acción), y desde estas a los centros motores del habla que estructuran el funcionamiento coordinado de los órganos de la fonación, la respiración, los ademanes que acompañan la expresión verbal, su entonación, etc. Es patente que, además, se debe recurrir a las memorias lexicales y gramaticales para organizar la frase “Estoy de acuerdo”. Como se ve, en esta tarea *top-down* participan de nuevo palabras y entonaciones de origen cultural, pero utilizando elementos innatos como la organización cerebral correspondiente, los sistemas normativos con los que funciona la memoria de trabajo, la función ejecutiva y las reglas gramaticales que se deben aplicar.

La segunda tarea de la función ejecutiva es enviar señales inhibitorias a cada uno de los distintos dispositivos que pudieran entregar opciones distintas a la aceptada (no

quiere ir, tiene otras obligaciones, le responderá después, hace frío, etc.). Esto no significa que tales opciones hayan sido desechadas para siempre. Quizás el recuerdo de una obligación olvidada, o una proposición posterior más atractiva, etc., haga que la persona cambie su decisión. En este caso, el proceso, descrito en términos muy generales, se repite una y otra vez, total o parcialmente (por ejemplo, solo la etapa de la memoria de trabajo).

Este fatigoso relato analiza un acontecimiento trivial que el cerebro demora décimas de segundo en procesar. Como puede apreciarse, se entrelazan aquí elementos aprendidos (el interlocutor, el cine y todos sus contextos, el significado semántico de las palabras, el idioma específico en que el diálogo se realiza, etc.) con elementos innatos que se han desarrollado y madurado en el cerebro. Dichos elementos son las estructuras físicas participantes (redes neuronales, corticales, subcorticales y sensoriales), las normas de operación de los sistemas perceptivos, los sistemas supramodales (que interpretan la información *bottom-up*) de la memoria de trabajo y de la función ejecutiva, y los distintos arreglos procedimentales de la respuesta *top-down*.

Este ejemplo, tosco y grueso, nos permite sin embargo avanzar en nuestra búsqueda de los *factores innatos del funcionamiento mental*, pues identifica los componentes aprendidos (culturales, sociales, personales) y las estructuras y funciones cerebrales no aprendidas, que dependen tanto de su carga genética inicial como de la interacción de esta con su ambiente, y actúan en distintos grados y ritmos (períodos críticos, por ejemplo), desde la etapa fetal hasta la tercera edad. Nos muestra además una característica de la plasticidad que no hemos mencionado: incluso respecto a una misma función general (lenguaje), la plasticidad y sus períodos críticos puede ser diferente entre sus componentes. El desarrollo gramatical se cierra antes (18 a 20 años) que el aprendizaje semántico (palabras), que se mantiene toda la vida.

Todo esto significa que la *relación entre lo innato y lo aprendido* es no solo muy estrecha, sino también diferente en dis-

tintas etapas de procesamiento mental y en distintas etapas de la vida, dependiendo del desarrollo y entrenamiento que hayan tenido las disposiciones innatas, según la intensidad y características de su activación y puesta a punto a través de la experiencia. Un tipo de experiencias lo provee, por supuesto, la *educación formal*.

Digamos una última palabra acerca del origen de los dispositivos mentales humanos innatos. Dicho origen puede describirse con una sola frase: “Ellos son el producto del aprendizaje evolutivo de la especie humana”. Los entornos y ambientes que nos obligan a aprender para sobrevivir están determinados por la naturaleza física, las disponibilidades tecnológicas, las relaciones familiares y sociales, y el amplio campo que llamamos cultura. Por su parte, las disposiciones innatas, corporales y mentales, son también producto de un aprendizaje, esta vez relacionado con los mecanismos de la evolución descubiertos por Darwin, esto es, con los cambios ambientales, que seleccionan a los individuos más aptos. Esos cambios se producen en períodos muy largos (millones de años) comparados con los que ocurren en la civilización y la cultura, sobre todo en nuestro tiempo, marcado por un incesante y siempre creciente avance tecnológico. El entorno humano contemporáneo, principalmente artificial (ciudades, vehículos, Internet, etc.), y tan rápidamente cambiante, obliga a aprendizajes veloces, flexibles y constantes. Sin embargo, aun cuando no se sabe de cambios mayores en el equipamiento mental innato del ser humano desde la aparición del lenguaje, alrededor de 150.000 a 200.000 años atrás, este equipamiento pareciera ser suficiente para sobrevivir y reproducirse en el mundo de hoy.

Por cierto, no todo el mundo está de acuerdo con esta afirmación de “suficiente”. Hay científicos que sostienen que hace solo algunos miles de años (25.000 a 30.000), en el Paleolítico superior, se produjo una eclosión cultural que generó impresionantes obras de arte de carácter ritual (pinturas rupestres, estatuillas con representaciones maternas, simbolizando fertilidad), importantes mejoras tecnológicas, cambios en la confección y uso de adornos ceremoniales, etc., y que esa eclosión

habría preparado el camino para la revolución neolítica y el comienzo de la Historia, con aldeas, reyes y dioses, basado en las novedades tecnológicas agropecuarias.

Es posible que el florecimiento neolítico se explique en parte por un pequeño cambio genético, que hizo posible para una creciente proporción de la población metabolizar la lactosa de la leche más allá del destete, lo que no ocurre en ningún otro mamífero, y tampoco en ciertos grupos humanos. El impacto nutricional y técnico de este simple hecho es muy grande. Con la leche de vaca utilizable se podía alimentar más población y evitar la desnutrición en los niños después del destete, lo que indujo a mejorar las técnicas de crianza y ordeña de vacas, cabras y ovejas.

Finalmente, hay quienes creen que nuestro equipamiento neurobiológico innato o ancestral no es suficiente, argumentando que basta mirar la destrucción de la Tierra provocada por el hombre para constatar sus carencias.

CAPÍTULO 2

FINES Y MEDIOS DEL APRENDIZAJE

Hay pocos asuntos humanos que hayan dado origen a más búsquedas, supuestos e hipótesis que el llamado “problema del conocimiento”. Desde el Génesis judeo-cristiano, con su “árbol del conocimiento”, pasando por los mitos de Prometeo entre los griegos, hasta las creencias orientales en la Iluminación, el conocimiento, es decir, la representación en la mente (o el espíritu) del mundo, de las cosas, de los acontecimientos, personas y dioses que están “allá afuera”, junto con la representación del sí mismo, ha sido tema obligado de todas las religiones.

Con el tiempo, esta preocupación religiosa adquirió forma secular, y se transformó en parte esencial de la filosofía. Desde Platón y su relato del mito de la caverna, pasando por el empirismo inglés de Hume y Locke, la epistemología crítica de Kant, la fenomenología de Husserl, etc., toda la filosofía occidental está cruzada por el tema del conocimiento. Sin embargo, en los últimos decenios, debido a la explosión de los descubrimientos neurobiológicos, que se incrementan y aceleran día a día, el problema del conocimiento ha empezado a ser concebido como un problema científico, que puede ser abordado con los métodos e instrumentos de la ciencia. De esta manera, se han generado hipótesis y teorías que permitirían explicar y aclarar cómo el cerebro *adquiere, organiza y usa información*, constituyéndola en *conocimiento*. Por supuesto, este es un camino que recién se inicia, y en el que restan innumerables incógnitas.

Ahora bien, más allá de la Neurobiología, hay otras pistas científicas que es necesario incorporar para entender mejor el fenómeno de *conocer* y *saber*. Por supuesto, la moderna Genética, ya que el cerebro, órgano del conocimiento, se constituye y organiza a partir de información codificada en los genes. Las modificaciones de esta información han hecho posible la *evolución*, y con ella la aparición de nuevas especies y, por ende, del hombre.

1. ¿POR QUÉ SE APRENDE?

Como se sabe, las ciencias experimentales se focalizan más en “cómo ocurren los fenómenos” que en “para qué y por qué suceden”. De hecho, cualesquiera hipótesis sobre finalidades de los fenómenos naturales son vistas con desconfianza por las ciencias positivas, que las califican, algo despreciativamente, como “hipótesis teleológicas”. En estas circunstancias, para entender por qué es necesario aprender hay que recurrir a la teoría de la evolución, que, si bien no plantea finalidades extramundanas, señala que los organismos vivos evolucionan para cumplir mejor su finalidad intrínseca de *sobrevivir* y *reproducirse*.

Planteada la pregunta “por qué se aprende” desde un punto de vista evolutivo, pueden obtenerse hipótesis que expliquen esta necesidad biológica de aprender. Básicamente, esas hipótesis dicen que el aprendizaje se pone en marcha y se desarrolla para saber, conocer y poder finalmente *actuar*, que es el paso decisivo en la tarea de sobrevivir y reproducirse. Y se formulan bajo el supuesto de una “necesidad de ajuste” entre las condiciones ambientales y las competencias de todo tipo del animal, de modo que este pueda prosperar. Naturalmente, los mecanismos de la evolución darwiniana (descendencia con variaciones y supervivencia de los más aptos, a partir de las características que mejor se ajustan a las modificaciones ambientales) hacen posible una estrecha correlación entre el medio y sus transformaciones, y las variaciones evolutivas de las competencias que llegan a definir nuevas especies, si son suficientemente

drásticas. No obstante, es patente que un ajuste muy fino entre *capacidades y condiciones anatómico-fisiológicas y conductuales del individuo y su ambiente específico* es extremadamente difícil, aun para especies muy primitivas. Esto es así, a lo menos, por cuatro razones concurrentes que hacen necesario el aprender:

1.1. El equipamiento genético y los entornos que se deben enfrentar

En primer lugar, es necesario aprender porque, entre los distintos ambientes a los que puede llegar y donde puede sobrevivir un individuo (o grupo), no existe una homogeneidad que permita predecir en detalle, en su equipamiento genético, cuáles serán las condiciones exactas que deberá enfrentar. Por supuesto, hay especies muy especializadas en nichos ecológicos muy determinados, para las cuales el ajuste es casi automático (pero no total). Sin embargo, en especies superiores, y particularmente en el hombre, esto no es así, pues la nuestra es una especie “generalista”, que puede sobrevivir en casi cualquier nicho ecológico, aunque posea una alta variedad de características disímiles a las cuales debe acomodarse el ser humano.

1.2. Los genes, su información y el éxito evolutivo

La segunda razón para que aparezca la necesidad de aprender es que la información contenida en los genes es insuficiente para dar cuenta, especialmente en el hombre, de todas las características ambientales (físicas, tecnológicas, sociales, culturales) que requiere conocer para definir conductas exitosas. Ha sido sorprendente que, a partir de la identificación del genoma humano, se hayan encontrado menos de 30.000 genes que transportan la información hereditaria del hombre. La mosca de la fruta tiene 12.000. Aun así, la Genética moderna ha descubierto en todas las especies una cantidad de mecanismos operacionales del genoma que son capaces de multiplicar los efectos de los genes. Entre estos pueden indicarse los siguientes:

- Múltiples factores de regulación de la “expresión genética”.
- Acción conjunta de diversos genes. “Poligenia” en la mayoría de los casos.
- Factores dinámicos de “transducción” de información genética.
- “Reordenamiento” de porciones o sectores de cromosomas, con traslado de los genes que contienen.

A pesar de ello, la enorme cantidad de información detallada que es necesario poseer para operar con predicciones válidas en el mundo real, hace que la información genética no sea, ni de lejos, suficiente para actuar con provecho evolutivo. Además, es patente que la información necesaria no es solo receptiva, por así decirlo. Para sobrevivir y reproducirse, cada individuo debe *estructurar conductas, modelos de operación y acción* que le hagan posible actuar eficazmente sobre su medio. Por supuesto, esta dimensión activa, que permite operar en el mundo y modificar el entorno, tiene también bases genéticas.

Basta revisar las innumerables investigaciones hechas sobre conducta animal, aun de seres muy primitivos, para constatar las complejas acciones que las distintas especies pueden desarrollar a partir de su dotación genética. Dicha complejidad se observa en ciertos rituales de apareamiento, en ciertas construcciones (termitas, castores), en la utilización de “herramientas” (primates superiores, cuervos), en algunos sistemas de comunicación (abejas), etc. Sin embargo, en las especies más desarrolladas, y sobre todo en el hombre, esta base genética de las conductas está lejos de ser suficiente.

1.3. El especial entorno humano

En este sentido, el entorno al cual el hombre debe ajustarse, es decir, el *medio humano*, se constituye fundamentalmente por sus propias acciones. Las tecnologías, los arreglos sociales y la cultura desarrolladas por el hombre lo obligan a conocer, para prosperar en cada medio, miríadas de informaciones que

no le entrega su capital genético innato. Sería muy largo, y quizás innecesario, detallar la enorme cantidad de informaciones que se precisa poseer para sobrevivir en nuestro mundo. Un ejemplo de la vida diaria puede servir.

Pensemos en lo que se hace al despertar en la mañana. Es necesario saber si se está en una cama o en una litera, para no caerse al pararse. Algunos, al levantarse, van primero al baño, y otros, a la cocina, según su respectivo hábito. En cualquier caso, tienen que manejar el mapa de la casa para saber hacia dónde deben caminar; deben conocer qué hay dentro del baño, para qué sirven los diversos artefactos y los elementos que encuentran (pasta dental, jabón, escobillas, peinetas, etc.). Si no lo saben, no pueden usarlos. Si van a la cocina, tienen que saber dónde se guarda el café, la leche, el pan, la mantequilla, y al mismo tiempo saber qué es el pan, la mantequilla, la leche, y cómo se usan. Luego, si salen al trabajo o a la universidad, y deciden trasladarse en un bus, deben saber qué línea les sirve, por dónde pasa, dónde tomarlo, dónde bajarse, etc. Pero no solo necesitan esas informaciones inmediatas, sino también otras que configuran propósitos de más largo plazo, y que incluyen conocimientos más abstractos. Por ejemplo, el que va a estudiar a la universidad tiene en su mente una carrera que en un tiempo más lo convertirá en un profesional. El que va a trabajar puede estar elaborando una estrategia que le permita lograr un ascenso, o cambiarse a un trabajo mejor remunerado en otra empresa. Y las mencionadas informaciones son solo una ínfima porción de todas las que se requieren para funcionar cada día.

Como veremos en detalle más adelante, en cualquier conducta están siempre imbricados el corto, el mediano y el largo plazo. Las informaciones que requerimos son tantas, que hemos necesitado especializarnos, ya desde el Neolítico. Sistemas de producción y comercio, normas y reglas sociales, religiones, ciencias, artes y humanidades, vivienda y entorno físico construido, etc., exigen siempre crecientes volúmenes de conocimientos. La información requerida es tan masiva, que la solución biológica obvia (además de especializarse, o como una forma de ello) es concentrarse en el entorno más cercano, esto

es, la familia y la subcultura a la que cada cual pertenece. La sociedad en general, en la que cada uno participa, no es automáticamente comprensible. Si se habita en una megápolis —a veces de decenas de millones de habitantes—, nuestro limitado equipamiento biológico impide identificar en ella más de 300 a 400 caras. Relaciones más estrechas solo pueden mantenerse con grupos mucho menores. No es posible conocer adecuadamente las costumbres, usos, lenguajes, etiquetas (vestir, comer, comportarse) de varias culturas y subculturas.

Más adelante veremos que la influencia del medio humano y las conductas derivadas de él tienen gran importancia educativa. Por ahora, continuemos averiguando para qué se aprende.

1.4. La información genética y la velocidad de los cambios

La última razón de que la información genética sea insuficiente es la velocidad de los cambios, tanto hereditarios como ambientales. A partir de la *descendencia con variación*, la evolución opera en plazos muy largos. Se sabe que, en promedio, en cada individuo se produce una mutación cada 10 años, esto es, un cambio en la secuencia o composición de los nucleótidos (parejas de bases que constituyen un gen, a veces en secuencias de varios miles). También se sabe que la enorme mayoría de ellos son letales, por lo que la descendencia no sobrevive. Esto hace que la evolución sea un proceso muy lento, que requiere millones de años. Es cierto que, cuando se producen variaciones ambientales muy drásticas (cambios geológicos, climatológicos, meteoritos), pueden aparecer en el fenotipo (características del individuo vivo) rasgos que entonces resultan adecuados, pero que son producto de mutaciones previas sin importancia en el ambiente anterior. Sin embargo, las variaciones se aceleran cuando una población queda aislada por un accidente geográfico: más mutaciones apropiadas se difunden rápidamente, y las diferencias entre especies se acentúan.

Es evidente que esta parsimonia en las variaciones originadas genéticamente no tiene nada que ver con la velocidad con que cambian los asuntos humanos, rapidez que además está

permanentemente acelerándose. Basta mirar los tiempos que tomó la evolución de nuestros ancestros homínidos para darse cuenta de la magnitud y aceleración de los cambios originados por nuestra propia especie, desde su aparición como tal.

1.5. Brevísimas historia del género humano

El primer miembro del género *Homo* (*Homo habilis*) vivió en África hace casi 3 millones de años. Tenía un cerebro de 450 gr, y era capaz de fabricar rudimentarios instrumentos de piedra. Era descendiente de los australopitecos (los primeros bípedos), que se separaron de los chimpancés hace 6 o 7 millones de años. Al *Homo habilis* siguió el *Homo erectus* (con varias gradaciones), que tenía un cerebro mayor (600 a 800 gr). Mejoró la tecnología de la piedra, y alrededor de 800.000 a 1.000.000 de años atrás empezó a utilizar el fuego. Debido a esos avances, los cambios ambientales se aceleraron, y también, concomitantemente, las modificaciones de las características físicas y conductuales de nuestras especies ancestrales. Probablemente, esas especies ya tenían un protolenguaje y relaciones sociales más complejas, regidas por ciertas normas. Los *pre sapiens* aparecieron hace 300.000 a 400.000 años, con un cerebro de 900 a 1.000 gramos, que les permitió mejorar el lenguaje y desarrollar nuevas tecnologías, agregando a la piedra otras materias primas, como los huesos, la madera, etc. Finalmente, hace unos 180.000 años apareció el *Homo sapiens* (con la variedad Neanderthal, que se extinguió), cuyo cerebro de 1.300 gramos le permitió generar la tecnología del Paleolítico superior y perfeccionar el lenguaje, que debió ser igual al nuestro. El Paleolítico superior culminó en el Neolítico (luego de la explosión cultural de hace 20.000 a 30.000 años), que introdujo el cultivo de plantas (agricultura) y la domesticación de animales, y que dio origen a las aldeas, la división del trabajo y demás componentes de la civilización (jefes, religiones, etc.). Esto último ocurrió hace solo 12.000 años, y desde la aldea neolítica del Oriente Medio a las actuales ciudades y sociedades informatizadas existe la enorme distancia que conocemos.

Este largo recorrido no solo nos muestra la aceleración de los *cambios ambientales* inducidos por el hombre, sino también las *modificaciones* que él mismo ha sufrido, y que lo han ido distanciando de las puras determinaciones innatas de sus conductas. ¿Pero hemos dejado atrás efectivamente nuestra impronta genética? La respuesta a esta pregunta debe ser matizada.

Ciertamente, el ambiente artificial al que debemos acomodar nuestras conductas ha sido creado por nosotros mismos. Y nuestras creaciones no son solo físicas (ciudades, vehículos, computadores, etc.); son también sociales y culturales. Creamos instituciones, gobiernos, arte, literatura y religiones.

Para desarrollar nuestras tecnologías utilizamos materiales y energías de la naturaleza, y dependemos de ellas. Y para construir nuestras sociedades y culturas dependemos de los márgenes de acción (posibilidades y límites) que nos fija nuestro patrimonio innato, el cual, naturalmente, no ha desaparecido, sino que mantiene su vigencia, a pesar de nuestro desarrollo.

Más adelante se detallará la interacción concreta que se da entre los constructos de la civilización humana y nuestra dotación genética, incluidos los variados modos como esta opera, facilitando, estructurando o restringiendo nuestras posibilidades conductuales. Basta ahora indicar que “la posibilidad de aprender, de conocer, de saber, y con ello poder generar hipótesis y anticipar predicciones que nos permitan prosperar en ambientes muy variados, se funda en *capacidades neurobiológicas innatas*, alojadas por la evolución en nuestro cerebro”. Se confirma así que “el aprendizaje es una necesidad biológica” de todos los seres vivos, y que estamos dotados de dispositivos capaces de *obtener, guardar, recuperar y procesar información para transformarla en conocimientos*, que a su vez dan origen a conductas evolutivamente exitosas.

Tales dispositivos operan a partir de una innata y fuerte tendencia a explorar y curiosear, a buscar información. Esta disposición a aprender, mayor o menor en distintas especies, es extraordinariamente vigorosa en el hombre, y además ineludible. Otro asunto, como veremos más adelante, es si puede

aplicarse efectivamente a los programas y métodos de la educación formal.

2. ¿PARA QUÉ SE APRENDE?

Para responder esta pregunta necesitamos hacerlo en un sentido muy concreto. En el apartado anterior indicamos que el aprendizaje es una necesidad y una tendencia biológica, pues en ninguna especie el equipamiento innato puede proporcionar los conocimientos necesarios para sobrevivir y reproducirse en un ambiente específico. En este capítulo nos interesa analizar cuáles son y cómo funcionan los dispositivos que hacen posible ese necesario aprendizaje. Y lo haremos desde dos ángulos.

El primero se relaciona con la lógica mediante la cual se estructuran y funcionan los aparatos neurales básicos y elementales: neuronas, sinapsis, conexiones y redes. Algo se indicó descriptivamente sobre esto en el capítulo anterior, por lo que nos limitaremos a explorar lo que sabemos de este aparato, específicamente con fines de aprendizaje, y solo en cuanto influye en los procesos realizados por las operaciones neuronales que dan origen a funciones mentales mayores (facultades), tales como atención, memorias, emociones, juicios, toma de decisiones, conciencia, etc., las que, por supuesto, nos acompañarán en todas las exposiciones posteriores. Así, el lector podrá disponer de algunos conocimientos fundamentales, necesarios para abordar las cuestiones más importantes desde el punto de vista educativo: ¿qué se aprende?, ¿cómo se aprende?, ¿cuándo se aprende? Sin duda, estas tres cuestiones constituyen los temas nucleares del proceso pedagógico.

La primera observación respecto al aparato neuronal básico es recordar que está compuesto de unos 100.000 millones de neuronas, cada una dotada de unas 5.000 a 10.000 sinapsis, que se interconectan a través de sus vías de comunicación, los axones y las dendritas, de décimas de milímetro, para configurar redes neuronales locales. Estas redes llegan a medir hasta

varios centímetros, en el caso de redes distribuidas o relaciones interredes, sin mencionar los largos axones, que traen información de piel y músculos hasta la médula espinal, y viceversa. Lo importante de este aparato y de sus bases organizacionales (jerarquía, operación masiva en paralelo, retroalimentaciones verticales y horizontales, etc.) es que se encuentra constituido de tal manera que, cualquiera sea la función superior con la que se relacione, siempre está aprendiendo.

Su función no es solo procesar y transmitir información. La plasticidad inherente a su diseño hace que siempre se esté modificando y procesando experiencias, que nunca cesan ni son idénticas entre sí, por lo que *siempre está aprendiendo*. Por supuesto, la magnitud de estas modificaciones (sinápticas, neuronales, axodendríticas, de redes o interredes) *depende de variaciones ambientales*: una nueva tecnología que manejar, un nuevo lugar que visitar, personas que conocer, conceptos que aprender, etc. También *depende de los niveles de maduración del aparato neurobiológico y de las funciones que cada sistema cerebral mayor* esté destinado a ejercer. Así, los dispositivos dedicados a la memoria declarativa episódica (hipocampo) tienen mayores y más constantes cambios (aprendizajes), pues procesan experiencias biográficas que nunca cesan; en cambio, los dedicados a la percepción visual de colores tienen pocos cambios en el curso de la vida. Entre estos dos extremos existen todas las variaciones y modalidades posibles, de algún modo relacionadas con los seis macroniveles de procesamiento citados en el primer capítulo.

El análisis anterior sobre las finalidades evolutivas del aprendizaje es en sí mismo incompleto. Es cierto que necesitamos conocer detalladamente nuestro ambiente para sobrevivir en él. Pero esto no basta. Es necesario disponer de medios, de formas de producir exitosamente este ajuste entre información y conducta, entre los conocimientos, capacidades e informaciones que tenemos disponibles en nuestro cerebro, y las condiciones precisas del ambiente en que debemos *actuar*, al que debemos enfrentar, modificar o tan solo considerar, para poder prosperar.

Se puede sostener, como hipótesis perfectamente demostrable, que el mecanismo o disposición que hace posible tal *ajuste conductualmente exitoso entre conocimiento y ambiente* es la capacidad biológica central de *anticipar, predecir, prever*. Cada facultad, dispositivo o *función unitaria del cerebro*, y con ello de la mente, se ordena a este propósito. Por lo tanto, es legítimo concluir que el salto cuántico de la evolución de la vida sobre la Tierra se produjo hace unos 560 millones de años (período cámbrico), con la aparición de un grupo de seres, los cordados, que concentraron sus neuronas (que existían desde antes, en las medusas, por ejemplo) en los ganglios (conjuntos de neuronas) ubicados en posición anterior o frontal del cuerpo, y con prolongaciones axonales axiales, que prefiguran el cerebro, la médula espinal y los nervios. El siguiente salto cuántico de la vida fue la aparición de la mente autoconsciente con el *Homo sapiens*, hace unos 180.000 años, como se señaló anteriormente.

En el próximo desarrollo exploraremos cómo opera concretamente esta capacidad de anticipar y predecir que, insistimos, hace posible el ajuste fino entre conocimientos disponibles, entorno y conducta, ajuste que da sentido al aprendizaje.

2.1. La estructura de la anticipación y de la predicción

La capacidad cerebral de anticipación, basada en *dispositivos biológicos* (memoria, emociones, juicios, etc.), que examinaremos en detalle posteriormente, se manifiesta a través de la *formulación de predicciones*, que pueden llegar a ser hipótesis sobre el mundo y sus regulaciones, o sobre el sí mismo (estados, capacidades, etc.). Estas *hipótesis* y predicciones se fundamentan en el conocimiento del que se dispone en cada caso, aprendido a través de experiencias y organizado mediante *sistemas de procesamiento cerebrales* –formas de programación “precableadas”– de la información, cuya estructura y funcionamiento se establecen en el diseño innato del cerebro, y son por lo tanto producto del aprendizaje genético-evolutivo, cuyo detalle se indicará más adelante.

La formulación de hipótesis y predicciones es un proceso tremendamente activo, que nace del sujeto como respuesta a demandas del medio (un riesgo, una oportunidad), o por su propia iniciativa. Recuérdese que las neuronas tienen una actividad espontánea aun en una placa de cultivo. Son activas; es decir, inician sus “disparos” desde el momento mismo de su especificación en el feto. Esto permite que el recién nacido pueda respirar, que funcionen sus aparatos autonómicos (cardiopulmonares, renales, gastrointestinales, etc.), que pueda abrir los ojos, y que al mirar genere un *imprint* con la cara de su madre. Sabe buscar el pecho y el pezón materno, puede mamar y deglutir. Naturalmente, estas acciones, todas genéticamente determinadas, proceden de hipótesis previas. El organismo del niño, al nacer, *supone* que hay aire oxigenado para respirar, que hay una persona con mamas y leche, que esta puede ser digerida, etc., que él dispone anticipadamente de los órganos y funciones necesarios; esto es, una boca para chupar, un sistema para digerir, pulmones para intercambios de gases, un sistema cardiovascular para llevar oxígeno y glucosa a todo el organismo, un sistema visual para mirar a la madre, un sistema emocional y sus efectores, que le posibilitan llantos y sonrisas, etc.

Tales hipótesis, supuestos o predicciones iniciales se originan en sus capacidades neurobiológicas, genéticamente definidas, que luego se afinan incesante y reiteradamente mediante el aprendizaje y la progresiva aparición de nuevas capacidades, generadas por el desarrollo y la maduración. Ya se señaló que la plasticidad cerebral es el fundamento neurológico del aprendizaje. Pero la sola capacidad de crear redes neuronales, fortalecer sinapsis y determinar sobrevida o pérdida de conjuntos neuronales y sinápticos, según su uso, no da cuenta cabal de la capacidad de aprender. Es posible conjeturar que “se aprende a través del comprobar en la práctica (y más tardíamente en el pensamiento) la fortaleza o debilidad empírica (y después racional) de las hipótesis y los supuestos, a partir de lo cual puede ser necesario acopiar más informaciones, buscar nuevos datos y regularidades (‘leyes’ del mundo físico y social), y

producir nuevas hipótesis que se acerquen mejor al objetivo o meta buscada”.

De esta manera, el cerebro que “anticipa” (o “predice”) debe hacerlo respecto a tres componentes de la realidad sobre la que opera:

- El estado más probable del mundo (allá afuera) en el momento o instante al que se refiere la predicción.
- El estado más probable del sujeto y sus competencias en ese mismo momento.
- La satisfacción (premio) esperable de urgencias instintivas o motivacionales alcanzables por determinadas conductas.

Estos activísimos y constantes procesos se originan cuando se deben lograr ciertos objetivos, o cuando se presentan obstáculos o dificultades para alcanzar una meta. En tales circunstancias aparecen problemas por resolver para lograr el objetivo propuesto, por lo cual deben generarse hipótesis y predicciones que siempre requieren variadas formas de conocimiento. Los problemas por solucionar pueden ser importantes o triviales, de corto o largo plazo, y pueden, además, operar en paralelo en diversos dominios. Por ejemplo, un niño desea comprar un helado, por lo que debe salir de su casa para adquirirlo. Para lograr esa meta debe primero saber qué es el helado (y sus variedades), dónde está el lugar en que lo venden, cuánto vale, cómo obtener el dinero; debe suponer que tendrá permiso de sus padres, saber hablar para comunicarse con el vendedor, distinguir que el helado que le entreguen corresponda al que solicitó, etc. Esta gestión doméstica implica un programa orientado a un objetivo o meta inicial: tomar helado, que se descompone en varias submetas (salir caminando, conseguir dinero, hablar con el vendedor, etc.), y convoca varios dominios: motivaciones que se fundan en deseos (le apetece un helado), creencias (en el negocio cercano hay helados) y expectativas (puede hacerlo), además de lenguaje, interacciones sociales y emocionales (qué dirán los padres), orientación espacial, etc.

La teoría de la evolución afirma que las acciones y conductas de los seres vivos tienen *el propósito de asegurar la sobrevivencia y la reproducción*, y que los dispositivos biológicos disponibles en cada especie deben alinearse a este fin. (Pero sobrevivir y reproducirse en la época actual implica múltiples requerimientos, mucho más complejos que los del Paleolítico superior). Como se indicó anteriormente, lograr el éxito en estas tareas dependerá de cómo se ajusten específicamente tales dispositivos al ambiente concreto en que cada individuo debe vivir, o de cómo aproveche los recursos del entorno y evite sus peligros. En este sentido, es crucial conocer cabalmente las condiciones favorables y desfavorables de tal entorno, lo cual se logra mediante conocimientos especificados por el aprendizaje y *hechos operativos*, a través de anticipaciones y predicciones que contienen hipótesis y supuestos. Es absolutamente indispensable insistir en este punto. Solo así el conocimiento disponible, cualquiera sea su origen, se hace “operativo”, es decir, genera conductas eficaces.

Este necesario ajuste entre el conocimiento de las estructuras y condiciones ambientales (físicas y sociales) y las conductas apropiadas para prosperar es muy dinámico, activo y constante. Se produce a partir de la definición de objetivos, con sus consiguientes metas y submetas, y prosigue a través de una secuencia de procesos que se repiten muchas veces, con reiteradas retroalimentaciones en serie y en paralelo, que evalúan y controlan los resultados de las conductas y sus supuestos. Esta constante reevaluación abre la posibilidad de incorporar nuevos contenidos, más apropiados para obtener las metas, o aun nuevos dominios inicialmente no considerados. Los dinámicos, activos y permanentes procesos de acople de los *conocimientos y capacidades disponibles* con las condiciones ambientales necesarias para lograr objetivos o metas, y que requieren ser anticipadas a través de hipótesis, predicciones y supuestos, enfrentan diversas condiciones. Veamos cuáles son sus características.

2.1.1. *El conocimiento disponible es siempre limitado*

Nunca el conocimiento es completo y suficiente para enfrentar con éxito todas las tareas que la realidad de la existencia demanda.

Esto es particularmente cierto mientras más pequeño es el niño. Un recién nacido solo sabe mamar del pecho materno; probablemente, puede atender a caras y voces, realizar algunos movimientos descoordinados, y responder con llanto a estímulos nociceptivos, y con sonrisas a sus sensaciones de placer. Dispone además de funciones autonómicas de sobrevivencia (cardiopulmonares, digestivas, renales, etc.), también elementales e inmaduras. A partir de estos dispositivos y capacidades iniciales debe elaborar modelos operativos para actuar en el mundo, los cuales, como es obvio, incluyen una imagen de la realidad, sus patrones y regularidades.

Pero esta elaboración, como hoy se sabe, es continua; no se interrumpe ni siquiera en la tercera edad. Los nuevos modelos operacionales, con sus correspondientes imágenes del mundo, no son estáticos ni definitivos, aunque se estabilizan cada vez más, según progresa el desarrollo y las experiencias son menos novedosas. Con cada aprendizaje y cambio —que son rapidísimos en la primera infancia y más lentos después— se generan nuevos desafíos y problemas, que al ser asumidos hacen variar los modelos operacionales y la imagen del mundo, radicalmente en el niño pequeño, y en tópicos más periféricos conforme avanza la edad.

2.1.2. *El entorno es siempre dinámico*

Nunca el ambiente en el que el individuo debe desempeñarse permanece estático o invariable.

En esta *fluidéz ambiental* intervienen dos factores. Por una parte, el niño que mejora sus capacidades y destrezas se equipa mejor para enfrentar nuevos ambientes y escenarios, que generan nuevas experiencias. Pasa de la cuna a la casa, de la casa al barrio, del barrio a la escuela y a la ciudad, y ese tránsito

progresivo le exige enfrentar realidades ambientales distintas y con demandas diferentes, a las cuales debe ajustar sus capacidades y dispositivos genéticos y aprendidos. Tampoco el ambiente de los adultos y los viejos es invariable. Se cambian de casa, de estado civil, de trabajo; tienen hijos, jubilan, modifican sus medios de vida. Por otra parte, en la especie humana, que produce su propio entorno mediante la tecnología y la cultura, los cambios ambientales no solo son enormes, sino que además han adquirido en nuestro tiempo una constante aceleración. El adulto y el niño de hoy deben adaptarse tanto a los viajes espaciales y a los gigantescos cambios ocurridos en las tecnologías de la información (Internet, celulares, etc.) como a la comida chatarra, a los divorcios fáciles, a la creciente criminalidad, a la locomoción en ciudades inconexas, a la superficialidad de múltiples relaciones sociales, etc.

2.1.3. *Los cambios en las motivaciones y la necesidad de ajustes*

Los *cambios en las creencias, deseos y expectativas*, es decir, en las *motivaciones* de cada cual, también influyen poderosamente en la necesidad de *ajustar* siempre los dispositivos y capacidades disponibles.

En efecto, la maduración (producto de la edad), los nuevos conocimientos y motivaciones, y por último los cambios en las oportunidades y amenazas ambientales, inducen nuevas experiencias, nuevas metas y expectativas. Los vertiginosos avances contemporáneos no solo modifican la urbanización de las ciudades y aumentan los riesgos (por ejemplo, el de ser arrollado por un vehículo), sino que también generan nuevos deseos: poseer uno, dos o tres automóviles, tener una segunda casa, o profesores especiales para la primera infancia, o reemplazar los antiguos juguetes de madera por juegos virtuales o viajes a Disney World. También pueden inducir a muchos individuos a revisar sus creencias religiosas, su filiación política, sus gustos artísticos y sus supuestos científicos.

Este conjunto de cambios en la vida y en el desarrollo de cada cual, en su ambiente natural, y sobre todo en el entorno

artificial creado por la tecnología y la cultura, unidos a las variaciones en las creencias, deseos y expectativas personales, familiares y sociales, han instaurado un dinamismo inédito para la especie humana. Sin embargo, el modo como se producían en nuestros ancestros *Cromagnon* los ajustes y aprendizajes no ha variado sustancialmente; lo que ha variado es la cantidad y velocidad de los cambios ambientales y de los estilos de vida.

2.1.4. *La anticipación y la predicción rara vez son exactas*

Una última e importantísima característica es que *la anticipación y la predicción* rara vez son absolutamente exactas, y esto por varias razones. El conocimiento que ya se posee, y que fundamenta la anticipación, nunca es completo y total sobre ningún hecho o acontecimiento, físico o social. El conocimiento aprendido está basado en las experiencias de cada cual, que por su misma naturaleza son parciales y contingentes, y que por lo tanto no pueden representar cabalmente el mundo. Recuérdese que este es el preciso problema que aborda Kant en su *Crítica de la razón pura*. A la inevitable parcialidad de las experiencias individuales como representación del mundo, en todos y cada uno de sus aspectos y características, se agrega el hecho de que la memoria no es una copia fiel de la realidad “objetiva”, sino solo un registro de cómo ella se vivió y conoció a través de la propia experiencia. Como veremos, la información es depositada, procesada y constantemente reinterpretada en la memoria, de acuerdo con nuevas experiencias, nuevas motivaciones, nuevos conceptos, nuevas emociones. De esta manera, junto con lo transitorio, parcial y contingente de cualquier experiencia, que depende de contextos imposibles de repetir con exactitud más adelante, el cerebro construye y reconstruye las memorias del mundo a partir de cada nueva experiencia, circunstancia, pensamiento, deseo y creencia.

Pero a esto se suma el efecto de lo inesperado, lo no predecible, lo azaroso. En verdad, no tenemos cómo saber exactamente cuáles serán las conductas precisas de las personas que contactaremos en nuestra vida social. De las cercanas (un

cambio de humor de los padres, una nueva idea del jefe) o de las lejanas que también nos afectan (una nueva ley, un cambio en el recorrido del bus para ir al trabajo). Tampoco el mundo físico, modificado sin cesar por las tecnologías, es completamente estable. Cambian los artefactos, los sistemas operativos, y a velocidades cada vez mayores. Las ciudades crecen, los barrios y casas se transforman, los amigos envejecen, etc. Recordemos además la variabilidad del clima, las tormentas, los terremotos.

Estas incertidumbres sobre el mundo físico y social son mayores mientras más lejos se encuentran los acontecimientos, las metas o los objetivos a los que se aspira. Es posible predecir con bastante exactitud lo que se puede y vale la pena hacer en los próximos minutos, aunque incluso en este tan corto tiempo pueden ocurrir imponderables. Por ejemplo: el bus que uno espera se atrasó, el café para el desayuno se volcó, etc. Sin embargo, la capacidad de predecir el futuro lejano es muchísimo menor. Si un adolescente desea estudiar Ingeniería, ignora en qué universidad podrá matricularse, no sabe si logrará titularse, aunque sea un buen alumno, ni dónde podrá trabajar si se recibe, etc. Es evidente, entonces, que los propósitos de largo plazo no tienen ni pueden tener el mismo nivel de detalle que las metas y submetas inmediatas y más cercanas. A modo de ejemplo, es el mes de junio, pero todavía uno no sabe dónde pasará sus vacaciones en enero o febrero próximos. Esta característica de inevitable imprecisión en la capacidad de predecir las metas lejanas, e incluso las más cercanas, tiene varias consecuencias neurobiológicas.

El cerebro es por esencia un *órgano probabilístico*. En efecto, debe desarrollar capacidades de anticipación que dependen de las probabilidades estadísticas de que ciertos fenómenos ocurran. Al cálculo de probabilidades estadísticas que realiza el cerebro, frente a cualquier ocurrencia futura, personal o social, más cercana o más lejana, etc., lo llamamos *estimaciones*. Por ejemplo: una persona estima que estará sana para poder hacer el viaje aéreo que ha programado, que el avión partirá a la hora, que los pasajes le sirven, etc. Esto se repite en cualquier conducta, de cualquier tipo, orientada a cumplir metas triviales

o decisivas, e induce al cerebro a estar siempre evaluando, repasando, retroalimentando y controlando, tanto las conductas como las predicciones que realiza. En consecuencia, la más alta capacidad humana, la de definir *propósitos abstractos de largo plazo*, es una forma de anticipación, pero no de predicción. Por eso en este texto hemos llamado anticipación a la función general, restringiendo el vocablo predicción a las metas más cercanas. Finalmente, los propósitos de largo plazo son abstractos, puesto que el cerebro no tiene cómo conocer los detalles concretos de los procesos y situaciones que permitirán cumplirlos.

La importancia y las dificultades educacionales de la función anticipatoria son enormes para los niños y jóvenes. Se trata de adquirir conocimientos *ahora*, para cumplir expectativas abstractas y lejanas en el futuro. Eventualmente, esto no es demasiado difícil para los que, en su medio familiar o en su subcultura, han visto y aprendido (por imitaciones de modelos y por asociaciones diversas) que el esfuerzo actual de aprender vale la pena. Pero ¿qué pasa con niños y jóvenes que no tienen esos modelos que imitar, o esas asociaciones que hacer? ¿Cómo se los educa para incorporar a su acervo personal los propósitos abstractos de largo plazo, que por serlo no están a la mano, no son evidentes por sí mismos?

A lo anterior debe agregarse que la anticipación opera teniendo en cuenta las consecuencias (de corto o largo plazo) de las conductas. Esto significa que para predecir no solo se necesita conocer el estado del mundo físico, del medio social y de uno mismo, sino que además se debe ser capaz de anticipar consecuencias directas y contextuales. Y es posible hacerlo gracias a la capacidad cerebral de *programar y desarrollar conductas orientadas a cumplir metas*.

2.2. La conducta orientada a metas

Se indicó anteriormente que la necesaria anticipación opera a través de generar hipótesis y predicciones que puedan resolver los problemas que a cada paso se encuentran. Tales hipótesis o supuestos sobre la realidad y su funcionamiento

(natural y social) se fundamentan en informaciones obtenidas de las experiencias de cada cual, organizadas y ordenadas mediante *estructuras cerebrales innatas* (categorización, causalidad, axiomas lógico-matemáticos, etc.). Parece indispensable insistir en que estas estructuras formales son disposiciones neurobiológicas destinadas a organizar y “programar” la información. Ellas se desarrollan y maduran, estimuladas por la experiencia y el consiguiente aprendizaje. La activación y puesta a punto de las estructuras de procesamiento depende del tipo de estímulos que reciban y el estado de maduración –“crítico”– en que se encuentra el cerebro. Naturalmente, entre las experiencias importantes del hombre actual están las que proporciona la educación formal. De esta manera queda claro que la *educación* consiste en *provocar experiencias que ilustren sobre el mundo*, pero que también *entrenen los dispositivos innatos*: noción de causalidad y su manejo lógico, apropiado desarrollo del juicio para predecir posibles consecuencias morales y prácticas, etc.

Los procesos de anticipación a través de hipótesis y predicciones, y la definición de conductas consecuentes con tales predicciones, se realizan a partir de la aparición de un problema que debe ser solucionado para lograr objetivos o metas. Esta formulación hace necesario aclarar qué llamamos conductas orientadas a metas y qué llamamos *problemas*.

Todas las conductas de un individuo están dirigidas a lograr alguna meta. Aun las funciones vegetativas, como respirar, digerir, etc., tienen una finalidad (meta) vinculada a la supervivencia y/o a la reproducción. Por otra parte, las conductas no conscientes o automáticas están siempre relacionadas con algún tipo de objetivo. Esto puede deberse a que forman parte de algún complejo conductual instintivo (correr ante el peligro, un agresor o una presa, etc.). Estas conductas deben activarse antes de una identificación consciente (cortical) del problema, puesto que en tales casos hay una demora en el procesamiento cerebral de la conciencia y se requiere una acción literalmente inmediata. En otra parte de esta obra abundaremos en ejemplos de la activación no consciente de conductas, sobre todo a partir de emociones.

En el contexto actual interesa destacar la existencia de un muy importante número de conductas destinadas a lograr algún objetivo que, en sus inicios, fueron deliberadas, pero que debido a su repetición se han hecho automáticas, por lo que no requieren procesamiento consciente. Piénsese en el manejo del automóvil o de la bicicleta, en nadar, tocar el piano, comer según la etiqueta de la propia cultura, etc. Incluso hay automatismos de más altos niveles cognitivos que tampoco requieren conciencia total o parcial. Por ejemplo, el ojo clínico de un médico de vasta experiencia, la resolución de un problema trivial de cálculo por un matemático, la lectura de un balance por un economista, la identificación de una pena (que requiere consuelo) en un ser querido, etc. En varios de estos casos hay una fluctuación de los niveles de deliberación que se asignan a porciones de los problemas por solucionar, mientras otros desempeños se realizan automáticamente. Muchos de estos *automatismos mentales y conductuales* son lo que los filósofos del pasado (mucho menos hoy en día) llamaban intuición.

De acuerdo a la visión del funcionamiento cerebral que aquí se expone, estos casos de *anticipación automática* se originan en conductas prácticas (incluyendo simulaciones virtuales puramente mentales) que han pasado con éxito la *prueba de la realidad* (empírica y lógica). Las conductas exitosas repetidas, en relación con demandas del entorno de algún modo similares, pueden entonces generalizarse y transformarse en *rutinas*. Estas se estabilizan (mental y neuronalmente), haciendo posible el *reconocimiento de patrones* (regularidades que permiten diagnosticar una situación que, siendo aparentemente nueva, contiene elementos ordenados de manera conocida). Por tal motivo pueden ser eficaces las aplicaciones de modelos operacionales (que definen conductas explícitas) también conocidos y disponibles en el acervo mental del sujeto (y en su correlato neuronal). Este arreglo biológico adaptativo (rutinizar o automatizar conductas) tiene alto valor, porque permite respuestas más rápidas y efectivas a problemas conocidos, y porque libera capacidades mentales y cerebrales, que quedan disponibles para dedicarse a nuevos problemas y metas.

Si hacemos un recuento de nuestras tareas diarias, veremos que la mayor parte de ellas está compuesta total o parcialmente por actividades rutinarias, sobre las que no requerimos pensar deliberadamente, sino solo ejecutarlas a partir de nuestra intencionalidad. Sabemos anticipadamente (más bien nuestro cerebro sabe) las conductas que necesitamos y aplicamos para cumplir un objetivo o meta. Uno no se pregunta en detalle qué hacer para desayunar, ir a tiempo al trabajo, conversar con su pareja. Estos son procesos no solo muy activos, sino también muy flexibles, y en constante revisión. ¿Las posibilidades de manejar un nuevo automóvil o una maquinaria nueva son iguales a las que indican las rutinas previas? ¿Los acercamientos a una nueva pareja deben ser idénticos a los anteriores? ¿El problema diagnóstico y terapéutico de un enfermo es igual al de muchos ya tratados, y por lo tanto también debe ser igual el manejo médico?

Una persona bien educada es aquella que ha logrado, por una parte, un muy amplio repertorio de rutinas que incluye patrones factibles de reconocer y modelos operacionales probadamente exitosos, y por otra, una *capacidad crítica* suficiente para identificar los casos o situaciones que no admiten un manejo rutinario o automático, ante los cuales requiere nuevas hipótesis y predicciones para cumplir sus objetivos y metas. Para eso necesita recabar otras informaciones y conocimientos. Es en este ambiente donde la persona debe evaluar la nueva situación; es decir, descubrir o decidir cuál o cuáles obstáculos son más importantes y decisivos. Una vez jerarquizados, se constituyen en nuevos problemas específicos, para los cuales hay que definir otras metas, y se les pueden aplicar nuevas hipótesis y predicciones que requieren otros conocimientos, seleccionando los datos de mayor significación y valor para respaldar conductas distintas.

Pero la vida concreta de cualquier persona no es tan simple. Cada uno de nosotros tiene simultáneamente un conjunto muy amplio de propósitos y metas (que incluyen las satisfacciones esperadas) en diversos ámbitos de la vida. Por ejemplo, el trabajo, en el que alguien desea ascender, por lo que debe

mejorar su rendimiento, o su relación con los jefes; la familia, que demanda más dedicación a los hijos con problemas; los amigos, que reclaman nuestra presencia en diversos eventos; la preparación de las vacaciones; la pertenencia a un partido político; el manejo de los asuntos económicos, etc. Y estas diferentes metas, no triviales, pueden competir entre sí. A veces hay que elegir entre dedicar más tiempo al trabajo, para ascender, o estar más con la familia.

Es patente que esta lista de ejemplos puede extenderse casi indefinidamente. Sin embargo, esto no es todo. La necesidad de anticipar y predecir no se limita a los diversos ámbitos que demandan atención. Involucra además la importantísima cuestión de la *temporalidad de los objetivos y metas*.

Recordemos el caso de la persona que va al baño y luego desayuna. Supongamos que es un joven que cursa el último año de una carrera universitaria. En tal circunstancia, el aseo matinal y el desayuno son tareas rutinarias que ejecuta casi automáticamente. Lo que en verdad le preocupa es el examen que debe rendir al día siguiente, pues su resultado es esencial para terminar sus estudios con el promedio que exige la beca que desea lograr para un postgrado en España. Más aún, la beca es decisiva para definir su fecha de matrimonio, pues su novia quiere acompañarlo. Por otra parte, la universidad española a la que pretende asistir es líder en la especialidad que le gusta, lo que le permitirá aumentar sus posibilidades de desarrollo laboral en una empresa vinculada con su padre.

Este ejemplo, entre muchos posibles, muestra de qué manera en la vida real de una persona se imbrican propósitos, metas, gratificaciones, satisfacciones esperadas y el evitar daños previsibles, que se encuentran a diferentes distancias en el tiempo. Para cada uno de ellos debe poder anticipar y predecir las condiciones del entorno y las conductas apropiadas, capaces de articular sus objetivos y metas (nacidos de creencias, deseos, motivaciones) con logros específicos en su vida futura. Es obvio, por otra parte, que las distintas distancias temporales de sus metas requieren conductas diversas, pero necesariamente coordinadas. Por ejemplo, para dar su examen debe

estudiar hoy día, conocer la sala donde lo rendirá, y dejar de lado una reunión con amigos o una visita a la novia. Para ir al examen debe elegir un transporte apropiado. Para optar a la beca debe conocer sus requisitos, los plazos de postulación, etc. Si la obtiene, deberá preparar su matrimonio, su viaje a España, proveerse de los recursos necesarios, etc. Y una vez allá deberá encontrar dónde vivir, aprender las rutinas de sus nuevos estudios, etc.

Ordenadas las metas según su temporalidad, vemos que hay metas *inmediatas* (levantarse, ir al baño), de *corto plazo* (estudiar, rendir el examen), de *largo plazo* (casarse, ir a España), y de *muy largo plazo* (tener una especialidad profesional, establecer una familia, trabajar con éxito). Es notorio, además, que en cada tiempo hay múltiples submetas: lavarse los dientes, encontrar los libros, viajar al examen, conseguir pasajes a España, encontrar dónde vivir, etc. Por otra parte, del éxito en las metas más cercanas dependen los logros de las más lejanas. Si tiene un accidente y no llega al examen, no logrará el promedio que necesita y no obtendrá la beca. Si no obtiene la beca, no podrá cursar el postgrado en España. Si pelea con su novia, etc.

Es asimismo evidente que la información y los conocimientos que se requieren son más precisos para las conductas de plazos más cercanos, y más imprecisos para las de plazos cada vez más lejanos. Por esta razón, como indicamos, preferimos hablar en general de anticipación, porque una predicción certera en el largo plazo es imposible. La predicción solo puede acertar cuando se trata de plazos cortos, aunque la satisfacción esperada puede referirse a plazos más largos, por ser de carácter general.

El cerebro requiere conocimientos para poder anticipar el muy largo plazo. Por ejemplo, qué competencias se requieren para trabajar, dónde es posible hacerlo de acuerdo con los propios gustos, cómo puede ser la vida familiar con esposa e hijos, etc. Los propósitos abstractos de largo plazo (y sus metas y submetas intermedias) deben estar siempre presentes, porque cualquier conducta no alineada con ellos puede hacerlos

fracasar. Por ejemplo, en España, nuestro sujeto se enamora de otra mujer y se queda a vivir allá, desempeñando un trabajo que no había imaginado. En Neurobiología comparada hay evidencias de que esta capacidad, llamada *propositividad abstracta de largo plazo*, solo existe en el ser humano por dos razones: a) puede concebir plazos temporales muy largos, y b) puede identificar satisfacciones o daños genéricos (tener prestigio, compartir con la pareja, lograr cierto estilo de vida) aplicables a una variedad de metas concretas y sus particulares gratificaciones y prevenciones.

Al terminar este capítulo central, que expone la teoría que subyace a todas las consideraciones y desarrollos incluidos en este libro, insistimos en que los procesos descritos se realizan en el cerebro humano en cantidades innumerables, de forma simultánea y en paralelo, y con respecto a muy diversos ámbitos y dominios mentales y funcionales.

SEGUNDA SECCIÓN

LA CONSTRUCCIÓN DEL MUNDO

CAPÍTULO 3

REPRESENTAR Y CONOCER

El tema del conocimiento fue durante milenios privativo de las religiones y la filosofía. Solo después de la Segunda Guerra Mundial, el conocimiento y el aprendizaje se convirtieron en objeto central de la Neurobiología. Naturalmente, existieron previamente pensadores y científicos que adelantaron ideas e hipótesis sobre la forma como el cerebro participa en los procesos cognitivos. Se trata de un área en pleno desarrollo, en la que hay todavía muchas incógnitas, pero también ciertas constataciones y acuerdos.

Un acuerdo fundamental es que el cerebro construye progresivamente imágenes del mundo (y del sí mismo), que surgen de la interacción entre los dispositivos biológicos innatos y las sucesivas experiencias ordenadas y organizadas por estos dispositivos. Tales capacidades innatas, entre las cuales se encuentra la plasticidad neurobiológica, que permite aprender, tienen ventanas o períodos críticos durante los cuales requieren ser activadas y desarrolladas por estímulos apropiados (experiencias). Es importante tener presentes las consideraciones entregadas en los dos primeros capítulos, a fin de explorar con mayor latitud las maneras como las capacidades innatas y las experiencias se entrelazan para generar representaciones del mundo que hacen posible conocerlo y actuar sobre él. De hecho, el concepto de “mundo” tiene una significación precisa en filosofía (particularmente en la existencialista). Este es siempre “mi” mundo, esto es, representación de “mis” entornos y “mis” relaciones (“mis circunstancias”, diría Ortega), y del modo como “yo” las percibo y conozco.

Resulta evidente que las representaciones, los modelos, las imágenes del mundo y de uno mismo que se construyan, para ser útiles y tener valor de sobrevivencia física, tecnológica, social y cultural, requieren ser efectivamente consistentes con la realidad exterior y con el sí mismo. Pero esto requiere ciertas elaboraciones y aclaraciones respecto al significado preciso que se otorga en este libro a conceptos como “representación”, “modelo o imagen del mundo”, “consistencia” (que podría haberse reemplazado por el concepto de “verdad”, como sostenía la Epistemología clásica), y por último, “utilidad” y “valor de sobrevivencia”, dados los tecnologizados entornos actuales.

1. LA REPRESENTACIÓN, MODELO O IMAGEN DEL MUNDO

El concepto de *representación* no genera mayor controversia. Una representación es una especie de mapa mental. Sin embargo, como dijo alguien, “el mapa no es el territorio”. Esto significa que, así como pueden haber distintos mapas para un mismo territorio (mapa geográfico, político, económico, caminero, turístico, etc.), las representaciones mentales pueden ser versiones específicas de diversos aspectos del entorno de cada cual. Pueden ser sensorio-motoras, perceptivas, conceptuales, lingüísticas, etc. Y las versiones (representaciones) que se incorporen y se seleccionen, según la conducta que se necesita desarrollar en cada situación, dependerán de las circunstancias específicas que deban enfrentarse. Un viaje a ver a la novia, pasando antes a saludar a la madre, demanda contar con una representación espacial de la ciudad, y varias otras: de la madre y la novia, de las relaciones que con ellas se tiene, del regalo que se lleva a la novia, de la excusa por lo breve de la visita a la madre, etc. Como puede verse, las representaciones requeridas para esta conducta provienen del mundo físico y del tecnológico (el camino, el medio de locomoción), del mundo social (novia y madre), del mundo cultural (qué regalo elegir), y también de las propias emociones (cuáles son los sentimientos

para con ellas), de los análisis racionales (motivaciones para visitarlas), etc. Así, las representaciones del mundo y de uno mismo se despliegan siempre enfocadas a los requerimientos y metas que cada cual se fija o le son exigidas en cada caso. Y deben estar disponibles por anticipado, de modo de “reconocer patrones”, es decir, regularidades que se repiten en la realidad. Pero surgen y se mantienen en la conciencia, determinando conductas, solo en relación con objetivos específicos.

Cuando las representaciones y las conductas a las que sirven están ligadas y previamente especificadas, por ser muy rutinarias y habituales, hablamos de *modelos operacionales*, los que, como se ha señalado, aseguran eficiencia y ahorran esfuerzos. Desde este punto de vista, “educarse” consiste en adquirir conocimientos que permitan reconocer patrones (o novedades) vinculados con abundantes y certeros modelos operacionales, previamente exitosos; en adquirir además la “capacidad crítica” necesaria para evaluar, frente a problemas nuevos, la utilidad de los patrones o modelos operacionales disponibles (o mezclas de ellos, lo que es más frecuente), y por último, en aprender a buscar y evaluar nuevos conocimientos que permitan incorporar otros patrones (versiones específicas de la realidad) u otros modelos operacionales. Estos mecanismos neurobiológicos son centrales para las propuestas sobre aprendizaje que aquí se exponen.

No se ha mencionado aún el papel de la conciencia en relación con las representaciones y los modelos operativos, pues estos se encuentran implícitos en las conductas que se adoptan, y por lo tanto no aparecen siempre en la *conciencia reflexiva*, que mira hacia adentro, a través de la introspección. Cuando lo hace, se habla de *imágenes del mundo*, las cuales, tal como las representaciones y los modelos operacionales, son necesariamente parciales, y están enfocadas en las situaciones y circunstancias que en cada caso las demanden. Nadie puede tener simultáneamente en su cabeza una imagen total y completa de la realidad, con sus innumerables componentes. La capacidad de elegir bien, en cada caso, las representaciones que mejor correspondan, es vital para el éxito de cada cual.

La pregunta que cabe hacer es cómo se entrenan estas capacidades. Nótese que no entramos en la permanente discusión sobre si el cerebro trabaja o no con representaciones y símbolos. Tal discusión, que interesa por igual a filósofos y neurocientíficos, no tiene cabida en este libro. Para nosotros, es indudable que existen correlatos cerebrales de informaciones sobre la realidad y el sí mismo (memorias, emociones, etc.), y que tales correlatos son utilizados en las tareas de concebir el mundo y operar sobre él. Esta concepción puramente funcional del término “representación” evita, por ahora, entrar en disquisiciones y teorías sobre la forma precisa mediante la cual el cerebro codifica y procesa informaciones que para nosotros, los humanos, tienen solo connotaciones psicológicas (percepciones, sentimientos, pensamientos, juicios, etc.).

La relación exacta entre los procesos neurobiológicos y el conocimiento “subjetivo” de la realidad, que algunos filósofos llaman *qualia*, es actualmente muy mal comprendida. Examinaremos con más detención este problema en el capítulo dedicado a la conciencia superior.

Por otra parte, hay abundantes evidencias de que muchas de las representaciones “funcionales” del mundo que permiten reconocer patrones, nunca llegan a la conciencia, a pesar de lo cual pueden ser estimuladoras o moduladoras de conductas y de toma de decisiones, pues constituyen el trasfondo de las creencias, deseos y expectativas que definen las motivaciones y fundamentan conceptos y sentimientos. Esto es particularmente cierto cuando las representaciones y los modelos operacionales, o más bien los conceptos, las motivaciones y los sentimientos que originan, y que han sido repetidamente exitosos en un ambiente determinado (la familia, el trabajo, la subcultura de origen, etc.), *se automatizan y se transforman en rutinas mentales* que se aplican sin mayor reflexión crítica. Semir Seki, investigador que trabaja en Londres, ha llamado a estas situaciones “esplendores y miserias del cerebro”. El aspecto positivo de la manipulación automática de las representaciones es que producen conductas frecuentemente muy exitosas en los entornos en que fueron creadas. El efecto negativo es que

posibilitan generalizaciones y categorizaciones (ideas y sentimientos) no aplicables en otros contextos y situaciones. Estas se encuentran, positivamente, en la base de las culturas y subculturas que ordenan y organizan la vida mental, pero también son fundamento de la xenofobia y de todos los tipos de intolerancia (social, religiosa, política, etc.) y fundamentalismos. De esta manera, las representaciones y los modelos operacionales disponibles para cada cual pueden generar en ciertos ambientes conductas desconectadas de los nuevos contextos o de principios morales básicos, dañinas para otros o para uno mismo. Por el contrario, la automatización de representaciones y modelos operacionales vinculados con asuntos habituales, abre espacios y activa recursos mentales que permiten hacerse cargo de problemas nuevos, con metas más ambiciosas, innovadoras o creativas, posibilitando así progresos en los negocios personales, y asimismo en las artes, las ciencias y la cultura.

1.1. La consistencia

Estas últimas consideraciones nos instalan de lleno en la cuestión de la *consistencia* (o de la “verdad”) de las representaciones y los modelos operacionales, esto es, si los conceptos que ellos sustentan corresponden a la *realidad externa* y a las *propias capacidades*. Se ha insistido en que el fin último del aprendizaje es acomodarse al entorno específico al que cada cual llega (al que fue “echado o arrojado”, dirán Sartre y los existencialistas), de modo de poder anticipar y predecir para mejor sobrevivir. Esta necesidad biopsicológica exige que los conceptos y las creencias sobre la realidad y el “sí mismo” sean consistentes con tal realidad, o sea, la representen adecuadamente, o “verdaderamente” en términos prácticos, porque si eso no ocurre, la vida de cada cual no puede ser exitosa. Por otra parte, es evidente que la prueba biológica positiva de la consistencia, tanto de las representaciones como de los modelos operacionales, es la sobrevivencia y la reproducción de la especie o del individuo correspondiente. La sobrevivencia y la reproducción certifican, a través de la evolución, la idoneidad de las representaciones y

modelos que conciben su ambiente de manera funcionalmente adecuada, y actúan sobre él apropiadamente. Las especies que no han variado sus representaciones y conductas, acomodándose a nuevos ambientes, han desaparecido.

Para la Neurobiología, la cuestión central a este respecto es si podemos conocer las características de la realidad como son en sí mismas, o si solo podemos esperar consistencia funcional (no identidad) entre nuestras representaciones y la realidad externa, como ella es “a los ojos de Dios”. La ciencia moderna nos ha mostrado que nuestras ideas sobre la realidad no son ni pueden ser idénticas a lo que ella es en sí misma. Nuestros aparatos sensoriales y cognitivos son limitados, como veremos con algún detalle más adelante, y el mundo al que hemos sido arrojados (físico, tecnológico, social y cultural) es por definición siempre particular, específico, y de algún modo “interpretado” por cada cual. No es lo mismo aprender y conocer en los polos que en el trópico; crecer en una familia esquimal que en una londinense; ser musulmán de Yemen, católico de Ecuador o ateo de Berlín.

Queda claro, entonces, que los medios en que vivimos, y a los que debemos acomodarnos para sobrevivir y prosperar, son muy diferentes entre sí. No es igual el ambiente de un niño de las favelas de Río de Janeiro y el de un hijo de un poderoso industrial de São Paulo. Estas divergencias y convergencias son la base de las culturas y subculturas, que pueden compartir o no ciertas representaciones de la realidad. Se derivan de ahí consecuencias sociopolíticas y económicas trascendentales (que no exploraremos), y también para la Neurobiología del aprendizaje y la educación formal, pues hacen surgir, en forma ineludible, dos preguntas fundamentales: ¿qué es necesario enseñar en cada caso?; ¿qué es conveniente que aprenda cada alumno?

1.2. Los conceptos de utilidad y valor de sobrevivencia

Sería erróneo suponer que el necesario ajuste funcional entre representaciones y realidades concretas es por sí solo un

factor capaz de generar relativismos conceptuales, motivacionales y emocionales que hagan de cada hombre una isla, de cada grupo un archipiélago, y de cada cultura un continente cerrado sobre sí mismo. Lo que la Neurobiología moderna prueba es que la naturaleza humana es una sola, prácticamente idéntica en todos los miembros de la especie. Los ambientes diversos pueden generar experiencias distintas, pero ellas son procesadas por un equipamiento biológico igual para todos. Sin embargo, cada ambiente impone fuertes restricciones (en sujetos normales) al desarrollo de conceptos, motivaciones y sentimientos, haciéndolos a veces tan divergentes entre sí, que se vuelven incomprensibles e incommunicables para otros grupos humanos. Aun así, más adelante se demostrará que los factores comunes son de hecho tan potentes, que generan deseos, conceptos y sentimientos no solo compatibles, sino incluso convergentes, a pesar de las diversas experiencias culturales, y que las mismas culturas se constituyen a partir de sistemas de creencias, de relaciones y lenguajes de base biológica similar para los distintos grupos.

Estas consideraciones nos conducen a un punto que nos parece vital para la educación formal, como lo hemos insistido: *la función biológica del aprendizaje*. Dicha función permite conocer, con el detalle necesario, el ambiente específico en que cada cual vive y se desarrolla. Por otra parte, los propósitos y metas educativas pueden privilegiar, con razón, conocimientos más generales, no vinculados directamente al entorno del educando, o con contenidos ajenos a las presiones y demandas específicas, más cercanas e inmediatas, de un ambiente concreto. En esa circunstancia, algunos de los conocimientos que se le ofrecen pueden parecerle inútiles, y por lo tanto desechables (incluso no conscientemente). Es evidente que para un joven, durante un campeonato mundial de fútbol, son más interesantes los nombres de las ciudades donde se juegan los partidos que los nombres de los ríos del país en que se desarrolla el campeonato, y por lo tanto presta más atención a los primeros, y los aprende fácilmente. Por supuesto, en el mundo actual, cada vez más globalizado, son indispensables los

conocimientos generales, más allá de los necesarios para prosperar en el ambiente inmediato de cada cual (familia, barrio, etc.). Pero este conflicto de intereses puede resolverse con *estrategias pedagógicas* adecuadas, que, como veremos más adelante, pueden recurrir a otras funciones existentes en la mente humana, por ejemplo, la imitación, el desarrollo de propósitos abstractos de largo plazo, y, en fin, estimular capacidades que puedan instalar creencias, deseos y expectativas mejor vinculadas con los objetivos educacionales. Sin embargo, quienes apliquen dichas estrategias deben tener presente la eventualidad de la contradicción mencionada. Por eso veremos más detenidamente cómo los *dispositivos neurobiológicos* participan en la selección de lo que vale la pena aprender, determinando en definitiva qué se aprende.

1.3. Las regularidades del pensamiento y la conducta en la construcción de imágenes del mundo

Puede parecer que la mente trabaja respondiendo a estímulos puntuales provenientes del ambiente físico o social (*bottom-up*), o activando conductas espontáneas también puntuales (*top-down*), para obtener determinados logros específicos. Esta creencia no es correcta, pues las conductas más automáticas y reflejas (por ejemplo, huir de un peligro, atacar a un contrincante) son coherentes con las demás conductas de cada individuo, e incluso con sus pensamientos y sentimientos. Siguiendo con el ejemplo de actos elementales, se observa regularidad en la forma en que cada cual responde a la agresión (huyendo, permaneciendo inmóvil o atacando).

Tales *regularidades conductuales* se constatan también en animales, como saben todos los que tienen mascotas. Esta regularidad estable y mantenida se conoce desde muy antiguo como *carácter*, que sería su sustrato básico y permanente, y que cuando se extiende a funciones mentales complejas, con contenidos y orientaciones aprendidas, se denomina *personalidad*. El detalle y las clasificaciones de carácter y personalidad, muy bien estudiadas en Psicología (y Psiquiatría, cuando

son anormales), no nos interesan aquí sino desde el punto de vista neurobiológico, en el cual la pregunta es: ¿cómo se las arregla el cerebro para articular conductas coherentes entre sí, con tonalidades y estilos estables a lo largo de la vida? Es obvio además que tales coherencias se encuentran también en la orientación básica de las formas que adoptan los juicios de cada cual, e incluso sus deseos, creencias y expectativas, es decir, sus motivaciones.

Estas *regularidades en el pensamiento y la conducta* (carácter y personalidad) deben tenerse en cuenta al explorar la influencia de los distintos factores que intervienen en la *construcción de imágenes del mundo* por cada persona. Por una parte, nos indican que esas construcciones no son caóticas y disparatadas, sino bien estructuradas y ensambladas; por otra, que aunque tales imágenes del mundo dependen necesariamente de las experiencias (y sus condiciones generales y particulares), también dependen de las características innatas específicas de cada persona (carácter), que influyen en los aprendizajes que lleva a cabo cada cual; sin embargo, como ellos se relacionan con dispositivos neurales generales, precableados, las diferencias entre las personas se establecen a partir de un diseño común. De esta manera, resulta que “el mundo” que cada uno percibe y concibe no es igual al de los demás, aunque es consistente con la realidad física, tecnológica, social y cultural en que cada uno vive, y compatible con el de los otros y comprensible por ellos, por su común arquitectura neurobiológica.

Puede asimismo afirmarse que las diferencias entre los mundos percibidos y concebidos por los distintos individuos son mayores mientras más lejanas son entre sí las personas. Los miembros de una misma familia tienen mundos más semejantes que los que comparten con su subcultura (barrio, condición cultural, sistema de relaciones, etc.), y las semejanzas de los mundos subculturales con los de otros miembros de la cultura general a la que pertenecen (tribu y aldea, nación y ciudad) son a su vez mayores que las que existen con los de aquellos que pertenecen a una cultura enteramente diferente.

1.4. Las imágenes del mundo siempre están en construcción

Mencionamos que las imágenes del mundo están siempre en construcción, conforme a los argumentos neurobiológicos entregados en capítulos anteriores. Naturalmente, esto depende de los niveles de desarrollo y maduración alcanzados por el recién nacido, el niño, el adolescente y el adulto. Pero también depende de la cantidad y calidad de las experiencias concretas que ha tenido y está teniendo. Como sabemos, hasta en la tercera edad hay nuevas experiencias que producen nuevos conocimientos, con lo cual se modifica en algún sentido la imagen del mundo. Obviamente, en el niño pequeño, cuyo cerebro tiene menos desarrollo y maduración, y ha sido expuesto a menos experiencias, la construcción del mundo es de algún modo “nuclear”. En el adulto mayor, las nuevas experiencias agregan solo detalles a las imágenes ya establecidas del mundo, siempre que el ambiente permanezca estable. En este sentido, las migraciones obligan a veces a generar una nueva imagen del mundo, pues el entorno al que se llega puede ser enteramente distinto al que se dejó.

1.5. Las facultades que hacen posible saber del mundo y operar sobre él

Cuando se habla de imagen del mundo hay un supuesto respecto a “qué” o “quién” tiene las representaciones del mundo que constituyen su imagen. Nos referimos a la *conciencia superior* autoconsciente; es decir, al sí mismo, cuyo análisis será objeto de discusión más adelante. Como veremos, esto no es tan claro como parece, pues existen procesamientos y aun respuestas conductuales que no llegan a la conciencia. Existe una memoria implícita no consciente, conductas automatizadas, percepciones e inferencias lógicas de las cuales la conciencia conoce solo el resultado. El detalle de estos tópicos lo veremos en los próximos capítulos, en los que exploraremos las funciones mentales, las *facultades* que hacen posible saber del mundo y operar sobre él. Entre estas cabe destacar las *percepciones*

de la realidad; las *memorias genéricas* y *declarativas*, que posibilitan, junto con otras facultades, *hacer predicciones* y *actuar*; las *emociones*, que asignan *valor* a las cosas, personas y situaciones (daño, peligroso, conveniente, beneficioso, adorable, etc.), y el conjunto de *capacidades cognitivas*, que permite *evaluaciones* (*juicios*), y sobre todo el *lenguaje*, que comunica con otros y consigo mismo.

Aunque más adelante nos dedicaremos específicamente al lenguaje, no podemos dejar de mencionar que su instalación definitiva hace unos 180.000 años, como capacidad biológica propia del ser humano, aun ahora genera formas de representación enteramente nuevas. En primer lugar, es en sí mismo un modo abstracto de representar en dos ejes: el primero es la significación de los vocablos y de la frase, según el orden de las palabras (gramática); el segundo es la significación de los conceptos (abstractos) elaborados sobre la realidad. Esta representación de segundo nivel, que configura el lenguaje, tiene la propiedad de ser “recursiva”, lo que significa que, a pesar de ser recién llegada en nuestra evolución, tiene la capacidad de intervenir e influir en facultades más antiguas, como memoria, emoción y juicio. La *recursividad* es la versión psicológica de las influencias *top-down*.

Cada una de las facultades mentales implica un tipo de representación de la realidad (del mundo exterior y del sí mismo). Ellas son coherentes entre sí (en personas normales, claro está), por el modo en que el cerebro procesa la información que maneja: masivamente, en paralelo, con constante retroalimentación, etc., como se estableció en el capítulo 2. Las diversas facultades pueden ser influidas por la conciencia, el lenguaje y los procesos ejecutivos, que “alinean” los demás procesos con el fin de alcanzar objetivos y metas, como se detallará en los capítulos correspondientes a cada una de las facultades indicadas.

2. LA ELABORACIÓN NEUROBIOLÓGICA DE LAS REPRESENTACIONES Y DE LOS MODELOS OPERATIVOS

Las representaciones de la realidad y los modelos operativos sobre la realidad se constituyen, y constantemente se reelaboran, a través de procesos neurobiológicos muy activos y permanentes. Los resultados de estos procesos no son en absoluto fotografías o imágenes que copien exactamente las cosas, personas y acontecimientos de la realidad exterior, o la realidad del sí mismo. Se trata de representaciones (en el sentido en que se definieron anteriormente) que, siendo consistentes con la realidad, son elaboradas por sistemas de procesamiento que “seleccionan” en cada caso los énfasis y perspectivas que parecen más importantes y significativos de los asuntos y circunstancias que se enfrentan, de acuerdo a las metas que interesa alcanzar. En consecuencia, puede sostenerse que el cerebro está siempre procesando y ajustando los “datos” que en cada caso necesita, y que lo mismo ocurre en relación con los aprendizajes, a partir de los cuales se elaboran las representaciones.

Para enfatizar aún más estos *procesos de selección de estímulos y de aspectos de las experiencias*, vale recordar que incluso las representaciones más elementales, sensorio-motoras y perceptivas, no son una copia fiel de la realidad. Nuestras imágenes visuales, auditivas, etc., están limitadas por las capacidades innatas, esto es, evolutivamente determinadas, para recibir y procesar solo ciertas longitudes de ondas. Esta recepción es escasa en los humanos comparada con la profusión de señales electromagnéticas existentes en el mundo, como lo demuestra la exploración instrumental de la realidad y el registro de ondas producidas por el hombre, que se pueden captar solo con aparatos especiales (radio, TV, teléfonos móviles, Internet, etc.). A pesar de estas limitaciones, que por sí mismas significan formas de selección, se pueden ejecutar los procesos propiamente perceptivos, que son también selectivos, a partir de los controles *top-down* ya descritos. Este tipo de restricciones perceptivas (que incluye los aspectos sensorio-motores) ejemplifica que ciertas

formas de selección de los asuntos que se aprenden a través de la experiencia están determinadas por la estructura biológica innata del cerebro.

Así como el ser humano no puede ver las longitudes de ondas infrarrojas o ultravioletas, tampoco puede aprender lenguajes no connaturales a su especie (como el de las ballenas o el de las abejas). No obstante, el cerebro humano puede manejar lenguajes artificiales diseñados por el hombre (código morse, banderillas y pitos de uso naval, modernas tecnologías de información y comunicación, etc.).

Un caso especial es el de las matemáticas y sus representaciones físicas (números, ecuaciones, figuras geométricas, etc.). Es claro, por ejemplo, que el espacio-tiempo definido por las ecuaciones relativistas de Einstein o la mecánica cuántica, o las geometrías no euclidianas, son para la mayoría de nosotros contraintuitivas, y pueden representarse solo matemáticamente, a pesar de referirse a situaciones físicas. Más adelante—como ya se ha anticipado—veremos con mayor detalle las representaciones simbólicas, entre las cuales la más importante es el lenguaje.

2.1. Por qué se aprende

Desde un punto de vista neurobiológico estricto, puede decirse que lo que se aprende es aquello capaz de llegar a formar parte de la *memoria de largo plazo*. Para ser integrados a la memoria de largo plazo, algunos o todos los elementos de una determinada experiencia deben ser considerados de *valor existencial* para la supervivencia, y deben poder integrarse—significativamente—con el caudal de saberes ya existentes. Pero *valor* y *significación* dependen, por una parte, de los objetivos y metas que en cada momento el individuo tenga (aunque sean de mediano y largo plazo), con lo cual el valor y la significación son especificados, en cada caso, a partir de modelos preexistentes que se han ido construyendo progresivamente. Por otra parte, siendo la finalidad biológica central sobrevivir, el mecanismo descrito puede ser alterado por circunstancias

no programadas que significan riesgos u oportunidades “urgentes”, con lo cual cambian la significación, la valoración y, finalmente, el aprendizaje.

Este conjunto de procesos estimula los mecanismos atencionales, haciendo que la *atención* se focalice y se detenga en la cosa, persona o situación cuyas características se seleccionan para ingresar en la memoria de largo plazo. Cuando los objetivos y metas están bien definidos, este proceso puede iniciarse focalizando, *top-down*, la atención en los objetos o asuntos predeterminados. Esta disposición a focalizar activamente la atención en ciertos asuntos, sin esperar el estímulo externo, y solo entonces analizarlo pasivamente, es lo que podríamos llamar *actitud positiva para el aprendizaje*.

Este apretado resumen de la forma en que opera el cerebro para seleccionar lo que aprende es útil, pues permite visualizar las relaciones entre los distintos *dispositivos mentales* que intervienen conjuntamente en estos procesos. Entre ellos debemos mencionar las *memorias*, las *emociones* (que, como veremos, constituyen las asignadoras de valor), la *atención* y las *percepciones*. Todas estas facultades son compartidas por el hombre con especies inferiores, particularmente con los mamíferos, y sobre todo con los primates. Una facultad intermedia es la capacidad de razonar o *racionalidad*, que también poseen otras especies, como demostró la Gestalt, pero que en el hombre ha alcanzado un nivel muy superior.

Más adelante abordaremos las facultades exclusivamente humanas (conciencia superior, lenguaje, moral, propositividad abstracta de largo plazo), que otorgan al aprendizaje humano características especiales, pues lo conectan con formas muy particulares de proponerse metas y resolver problemas.

2.2. Qué y cuándo se aprende

Hasta aquí hemos explorado las condiciones neurobiológicas generales a partir de las cuales se constituyen representaciones de la realidad. Ahora es necesario avanzar a un mayor nivel de detalle respecto a los *mecanismos y dispositivos que hacen*

posible el aprendizaje. Esto significa adentrarnos, en los próximos capítulos, en las facultades mentales que subyacen al aprendizaje, en la forma en que normalmente operan, en sus relaciones específicas en los actos concretos que llevan a aprender y en los controles superiores a los que están sometidas a través de la función ejecutiva.

El subtítulo “Qué y cuándo se aprende”, que vincula los contenidos de los aprendizajes (qué) con el momento o período en que ellos pueden adquirirse (cuándo), establece una relación, aunque muy conocida, de extrema importancia, sobre la que hemos insistido, y que no debemos perder de vista. El aprendizaje depende del desarrollo y maduración de las *capacidades innatas* del individuo, que tienen su propio ritmo, de los *períodos críticos o ventanas de posibilidad* (el cuándo), y del “valor” y la “significación” de las experiencias y estímulos que cada cual tiene en el curso de su vida (el qué). El “valor” de la experiencia está vinculado a cuánto ella aporta a la satisfacción de las motivaciones de cada cual o a evitar riesgos. Estos factores están críticamente orientados y determinados por la enorme importancia de la convivencia social en la especie humana. Así, junto con las facultades tradicionales –percepción, atención, memoria, emoción, racionalidad, lenguaje, función ejecutiva, conciencia y motivaciones–, deberemos estudiar algunos aspectos de la Neurobiología de la vida en sociedad. Dado que las relaciones e intercambios sociales generan los estímulos más poderosos y determinantes para las conductas humanas, los trataremos en primer lugar.

CAPÍTULO 4

LA NEUROBIOLOGÍA DE LA VIDA EN SOCIEDAD

No es fácil hacer un resumen simplificado de lo que sabemos hoy de la Neurobiología de la vida en sociedad y de los supuestos, hipótesis y teorías que tales saberes han generado y están generando. Como es normal, estas hipótesis son el fundamento de otras investigaciones orientadas a probar o refutar sus supuestos, con lo que se acopian nuevas informaciones que dan origen a renovadas hipótesis, y así sucesivamente, en un círculo virtuoso que no cesa. Pero siendo esta un área de investigación necesariamente multidisciplinaria, constantemente se allegan datos, informaciones y teorías que no provienen solo de la Neurobiología, sino también de las muy diversas disciplinas que se preocupan de la vida social del hombre. Sería muy largo detallar en cada caso el origen específico de los diversos antecedentes que se incluirán a continuación. Basta mencionar dos o tres ejemplos.

Desde comienzos del siglo pasado, los antropólogos, en particular aquellos dedicados a la Etnología comparada, han debido tomar en cuenta hipótesis mucho más antiguas, pero muy puntuales y específicas, acerca de algunos comportamientos que, por darse consistentemente en todas las culturas, se han llamado “universales”.

Esos comportamientos parecían constituyentes de la “condición humana”, pues, aunque eran especificados y concretados en cada cultura particular, tenían suficientes similitudes como para considerarlos preculturales. Cosa similar ocurrió con el desarrollo de la Sociología. Recuérdese que quienes la

fundaron como disciplina científica (Durkheim y Weber, por ejemplo) trabajaron en asuntos como la religión y el poder político, contrastando lo que ocurre en nuestras propias sociedades con las estructuras sociales de culturas primitivas, y haciéndolo con constantes y evidentes alusiones a la “naturaleza humana”. Después de la Segunda Guerra Mundial se produjeron acercamientos más específicos entre tal naturaleza humana y los condicionantes socioculturales. En Alemania, la escuela de Konrad Lorenz (Premio Nobel) investigó y publicó sobre Etología humana, ciencia que estudia el comportamiento animal en condiciones naturales. Su investigación fue una observación rigurosa de las conductas de diversas especies, con la menor interferencia posible. Un discípulo de Lorenz, Eibesfeldt, escribió un libro titulado *El hombre preprogramado*. Los primatólogos actuales, directos descendientes de aquellos etólogos, han publicado libros con nombres tan sugestivos como *El mono desnudo* (D. Morris), *El tercer chimpancé* (J. Diamond) y *Filósofos y primates* (F. de Wall).

Durante los años setenta del siglo pasado, E.O. Wilson publicó en Estados Unidos un tratado que hizo época: *Sociobiología. La nueva síntesis*. En Psicología se estableció la Psicología social como ciencia investigativa, no solo observacional, sino también experimental, de lo cual da cuenta el libro *Obediencia a la autoridad*, de S. Milgram, quien repitió sus experimentos en muestras poblacionales de varias culturas, con el declarado propósito de averiguar cómo se desarrollan las relaciones de dependencia con la naturaleza humana. Finalmente, en los últimos decenios han aparecido la Neuroeconomía (hay dos Premios Nobel en esta subdisciplina), que intenta conocer cómo el cerebro procesa las decisiones económicas; la Neuroética, preocupada de los procesamientos morales, y hay quienes trabajan en los procesamientos cerebrales de distintas experiencias religiosas. Todas estas últimas investigaciones se realizan con la ayuda de los poderosos instrumentos modernos de neuroimagen y neurofisiología.

Naturalmente, estos acercamientos biológicos a los diversos comportamientos humanos han tenido y tienen muchos

detractores. La Psicología evolutiva y la Psicología cognitiva, esto es, las versiones norteamericanas de la Etología europea, se enfrentan a una dura competencia con sus antagonistas en las universidades de ese país, a tal punto que uno de los psicólogos cognitivos más conocidos (S. Pinker) publicó recientemente un libro titulado *The Blank Slate* (La página en blanco), en el que expone por qué afirma que quienes piensan que la mente no tiene dispositivos y estructuras biológicas innatas están equivocados.

Nos hemos detenido en esta muy somera revisión de un campo en pleno desarrollo, que provoca acaloradas controversias académicas, y en cierto modo ideológicas, porque el autor de esta obra es neurólogo de profesión, y piensa que el cerebro humano no es un pizarrón vacío, en el que las experiencias escriben todas sus narraciones, pues requieren la necesaria presencia de dispositivos biológicos que procesan, ordenan, organizan y valoran las informaciones contenidas en tales experiencias. En la descripción que sigue se utilizarán informaciones, conceptos y algunos supuestos que se consideran válidos y esclarecedores, y que provienen de quienes estiman que la naturaleza humana tiene un sustrato biológico. Tales hipótesis han sido seleccionadas y organizadas según las propias reflexiones y experiencias científico-médicas del autor.

1. LOS FINES DE LOS DISPOSITIVOS MENTALES INNATOS PARA LA VIDA SOCIAL

Es patente que la especie humana no es la única dotada de instinto social en la naturaleza. Hay incluso especies en las que la suerte de la comunidad es la prioridad central, como es el caso de abejas, hormigas y termitas; pero hay otras que, siendo muy sociales, prácticamente no tienen organización, estructuras de poder y formas de trabajo en común, como es el caso de los chimpancés bonobos. Entre ambos extremos hay una enorme variedad de arreglos sociales, con machos dominantes (gorilas) o hembras dominantes (lobos). Si se estudian las

conductas sociales (de todas estas especies), encontramos que, en estado salvaje, tales conductas se acoplan muy bien con su estilo de vida y sus necesidades de sobrevivencia y reproducción, las cuales naturalmente dependen de los recursos y riesgos presentes en los ambientes específicos en que cada especie puede vivir.

Desde esta perspectiva, es claro que la evolución del hombre le generó nuevas posibilidades y nuevas restricciones a partir de la vida social. Su posición erguida (que le permite ver la lejanía, con sus riesgos y oportunidades), su piel desnuda que transpira (y le permite soportar el calor), y su estructura corporal y metabólica, le hicieron posible desplazarse con rapidez hacia nuevos y diferentes ambientes, que demandaban inéditas competencias para aprovechar recursos distintos a los habituales. Estas nuevas competencias requirieron capacidades cerebrales distintas a las rutinarias, por lo que la curiosidad, la creatividad, el uso de herramientas y novedosos medios de protección y defensa contra los predadores se hicieron indispensables. El crecimiento del cerebro, indicado anteriormente, fue una consecuencia evolutiva que se privilegió en el hombre. Hay especies como las ratas y las cucarachas que pueden vivir en todos los ambientes, pero su estrategia evolutiva resulta diferente. En el ser humano, el progresivo desarrollo cerebral lo llevó, finalmente, a crear un *lenguaje* y adquirir una *conciencia autorreflexiva*. Esas dos nuevas facultades (más todas las antiguas, que también mejoraron con el crecimiento cerebral) produjeron un ser con enormes posibilidades comunicacionales derivadas del lenguaje, que lo abrió a una *sociabilidad* rica y provechosa (acuerdos para cazar, recolectar, defenderse, intercambiar, etc.), y al mismo tiempo a una muy potente *individuación* generada por la conciencia autorreflexiva y el lenguaje mismo, que hacen posible sentir que uno es distinto a los otros (incluso a los de su grupo), y que tiene sus propios intereses, deseos y creencias. Pero la individuación no llega a un punto que permita prosperar si no se pertenece al grupo del cual se depende para conseguir alimentos y protección.

Así, la especie humana desarrolló simultáneamente una gran sociabilidad y una gran individuación. Ambas tendencias requieren armonizarse, porque de suyo están en un equilibrio muy inestable, aunque ambas son necesarias para sobrevivir como individuo y como grupo, congruencia a la vez exitosa y trágica de nuestra especie. Esta difícil coherencia entre tendencias que compiten (egoísmo-amor) es el origen tanto de nuestra cultura (ciencias, artes, instituciones, etc.) como también de nuestros problemas y crisis.

Es razonable suponer que los distintos grupos de homínidos y sus variedades fueron logrando progresivamente este requerido equilibrio entre dos tendencias, a la par necesarias y contrapuestas, y que aquellos que mejor solucionaron esta contradicción sobrevivieron hasta llegar al *Homo sapiens*. Este resultó exitoso desde muchos puntos de vista, pero sobre todo porque logró mantener, en la mayoría de las oportunidades, una suerte de armonía entre sus instintos sociales y su posibilidad de sentirse un individuo único y diferente.

Los procesos mentales que detallaremos a continuación son los que, en conjunto, hacen posible articular (no siempre) tendencias tan contradictorias. Los dispositivos cerebrales específicos que procesan estos mecanismos serán detallados más adelante, en relación con las facultades mentales que participan en cada caso.

2. PROCESOS MENTALES Y VIDA SOCIAL

Si observamos las características sociales de grupos neurobiológicamente exitosos, debemos destacar procesos mentales cuyo fundamento es la “confianza” (Tabla 1).

Probablemente, el objetivo final de todos y cada uno de estos procesos es lograr *confianza* entre los miembros de un determinado grupo. Es patente que este es un concepto muy general y polisémico, pero no hay otro que defina mejor la actitud y los sentimientos de una persona que se siente cómoda, complacida y agradada en intercambios sociales productivos,

Tabla 1
Características sociales de grupos neurobiológicamente exitosos

I N T E G R A C I Ó N ↑ ↓	Fundamento: Confianza	—————	Cohesión. Lealtad.
	1. Normas	—————	Orden. Organización.
	– Existencia		
	– Acatamiento		
	2. Altruismo	—————	Cooperación. Reciprocidad.
	– Genético		
	– Recíproco		
	3. Teoría de la Mente	—————	Comprensión. Empatía.
	– Detección engaños		
	4. Jerarquías	—————	Eficacia. Creatividad.
	– Obediencia a la autoridad		

que al mismo tiempo posibiliten el éxito individual. Hemos insistido antes en que el tamaño del grupo en el cual se interactúa personalmente parece corresponder al de la horda primitiva, esto es, no más de 50 o 60 miembros nucleares. Se pueden reconocer caras y nombres de un número superior, 200 a 400 personas. También de personas más lejanas (personajes), por los cargos que ocupan (jefes, líderes religiosos o sociales) o las actividades que desempeñan (artistas, deportistas, etc.). El grupo no es un elemento abstracto para el cerebro, que conoce y reconoce; es muy concreto y específico. Así, el recién nacido se relaciona solo con su madre; después, con la familia cercana, y luego, con los parientes, los compañeros de barrio, de estudios, de profesión, de entretención, de deportes, de creencias religiosas o políticas, etc. Naturalmente, hay gradaciones en la cantidad de confianza que cada cual espera encontrar con cada nivel (cercanía o lejanía), de cada grupo o subgrupo al que se pertenezca. Como se señaló en el capítulo 1, hay indicadores bioquímicos (vasopresina y oxitocina) que, actuando como neuromodulares en ciertas regiones del cerebro (ínsula, por ejemplo), influyen primero en el apego niño-

madre, y más tarde en la amistad intragrupal y en la relación de pareja. En cuanto al aprendizaje y la educación formal, las evidencias muestran que la cohesión, tranquilidad y cooperación que genera la confianza son un factor importante en la adquisición de conocimientos, pues ciertas estructuras vinculadas con la *memoria declarativa* (hipocampo) son bloqueadas por el cortisol (hormona del estrés, la tensión y el combate), que no aparece cuando hay confianza, excepto en desastres naturales. Pero la confianza se adquiere por la presencia de ciertas condiciones positivas.

2.1. La presencia y el acatamiento de normas supraindividuales

Todos los grupos humanos y también el resto de los animales, en particular los mamíferos, desarrollan pautas de comportamiento esperables por los demás, frente a determinadas situaciones y circunstancias. Dichas pautas pueden ser tan primitivas como las danzas de apareamiento de aves y reptiles, la conducta protectora de sus hembras por el gorila dominante, o las lealtades que exige a sus miembros un grupo político, una religión o, en el extremo negativo, un grupo antisocial (los carteles, las mafias, etc.). Esta lealtad a las normas internas de cada grupo también debe ser respetada por los miembros de grupos de niños y adolescentes organizados, ya con fines de entretenimiento y deportes, ya con fines de aprendizaje. Obviamente, esto significa que la tendencia neurobiológica a crear normas como *pautas de comportamiento y creencias*, y a acatarlas, es extremadamente fuerte y primaria.

Pero el ser humano ha evolucionado mucho más allá. Su gran cerebro, y en especial su lóbulo prefrontal, han sido capaces de abstraer de las simples pautas de comportamiento normas generales, y por ello abstractas, que en la experiencia evolutiva o social han demostrado su validez para establecer el bucle de retroalimentación positivo que estamos describiendo para la superación de la contradicción entre sociabilidad e individuación. Para que los individuos sean inquisitivos y

creativos requieren tener confianza, no solo en el grupo, sino también en los miembros del grupo. La confianza se hace posible cuando se respetan ciertas pautas de comportamiento que en conjunto se consideran apropiadas. Probablemente, solo el *Homo sapiens* ha podido generar normas abstractas que informan y definen las conductas, pero que no son lo mismo que ellas. Estas normas abstractas son, en primer lugar, las *normas morales*, y luego, las *normas jurídicas*. Aunque distintos, ambos tipos de normas no pueden ser contradictorios entre sí.

La diferencia entre las normas morales y las jurídicas radica en que hay suficientes pruebas de que las primeras están incorporadas al precableado innato del cerebro humano (*normas morales innatas*), y las segundas son más dependientes del desarrollo social y cultural, en la medida en que no se opongan a las primeras. Por cierto, existe una enorme cantidad de normas adicionales –administrativas, sociales o subculturales (como la etiqueta en el trato, los atuendos que se usan, las fiestas y celebraciones, etc.)– que, por ser independientes de las normas morales, tienen un tratamiento menos rígido, aunque no siempre, como lo demuestran las que fijan las conductas en una corte real. Entre las normas jurídicas modificables las hay de muy bajo nivel (reglas del tránsito, por ejemplo), y otras de nivel superior, como las regulaciones para elegir gobernantes o establecer un Estado.

En un nivel intermedio se encuentra gran parte del Código Civil de los países (herencia, contratos, etc.), las normas comerciales y otras similares. Hasta hace poco se pensaba que las normas jurídicas más variables, por no ser morales, eran ajenas a los principios con los que trabaja la mente humana. Las investigaciones de neuroeconomistas (teorías de juegos, análisis de preferencias de vendedores o compradores, el marketing y la propaganda, etc.) han demostrado que las racionalidades subyacentes a estos ámbitos también se sustentan en tendencias y dispositivos cerebrales innatos, igualmente sujetos a entrenamiento y desarrollo.

Pero más importante que formular hipótesis sobre la articulación entre la mente social y la individual, es describir

las razones por las que se piensa que existen normas morales innatas en el ser humano. La primera evidencia es histórico-antropológica. No existe ninguna cultura primitiva que no haya elaborado normas (por supuesto, sin códigos escritos) respecto a conductas como matar (a sus semejantes dentro de la tribu, y con excepciones preestablecidas), robar, mentir, engañar, yacer con mujer ajena, no respetar y cuidar a los viejos, entregarse a la lujuria y el desenfreno, no respetar las creencias religiosas de la tribu, clan o grupo, etc. Ya inventada la escritura, estos principios morales se inscribieron en códigos explícitos como el de Hammurabi en Mesopotamia, en el siglo XVIII a.C.; el de Manú en la India, que tomó sus conceptos y prohibiciones de los vedas primitivos, y el Libro de los Muertos, por cuyas restricciones se creía que serían juzgados los egipcios después de su muerte, al comparecer ante Osiris. Posteriormente, profetas (Moisés y las Tablas de la Ley), apóstoles, dioses encarnados mantienen estas prohibiciones, pero agregan un elemento positivo: amar y hacer el bien, que tampoco es un componente puramente cultural, sino que se funda en una tendencia innata que veremos luego: el *altruismo*. Es notable que todos los grandes maestros de distintas civilizaciones declararon siempre que sus enseñanzas buscaban una vida buena, la paz y la concordia, y que el progreso espiritual es necesario para el progreso material.

Desde el punto de vista neurobiológico, se ha propuesto la existencia en el cerebro humano de una suerte de *gramática moral innata*, que posibilita distinguir lo bueno y lo malo cuando se presentan situaciones en las que es necesario optar. Esta posibilidad de distinguir lo bueno y lo malo no siempre se traduce en conductas apropiadas. Un ladrón sabe que robar es malo.

La teoría de una gramática moral innata se fundamenta en investigaciones con significación estadística, efectuadas en grupos a los que se proponen historias con disyuntivas morales. Además, en la existencia comprobada de un grupo especial de células prefrontales (las así llamadas neuronas fusiformes), que aparecen entre los 20 y 22 años de edad, y que

se correlacionan con la posibilidad de formular *juicios morales autónomos*, independientes de las meras restricciones sociales (basadas en la imitación, premio y castigo, etc.), que sí operan en niños y adolescentes.

2.2. El altruismo

Desde la Antigüedad ha llamado la atención la existencia de conductas destinadas a mejorar o posibilitar la sobrevivencia de otros, sin ganancias propias, y aun con riesgo de la propia vida. Estas conductas altruistas, que también se ven en animales, están en contradicción con postulados evolucionistas que enfatizaban como fines de las adaptaciones, la sobrevivencia y la reproducción individual. Solo en el siglo pasado, a partir de la década de los setenta, se formularon algunas hipótesis para explicar estas conductas altruistas aparentemente contradictorias. Algunos naturalistas del siglo XIX ya habían constatado que las especies o los grupos en que existe el altruismo tienen mayor éxito evolutivo. La solución, generalmente aceptada, parte de un análisis teórico empírico de las conductas altruistas. Ahora se sabe que, de hecho, existen dos tipos de *altruismo* que generan conductas, aparentemente desinteresadas, orientadas al bienestar de otros. El primero es el llamado altruismo genético. El segundo se denomina altruismo recíproco.

El *altruismo genético* se explica mediante una teoría de reciente aparición. Se piensa que la finalidad última de los genes es reproducirse y multiplicarse; esto es, no solo sobrevivir en el sujeto que los posee (el fenotipo), sino también ser traspassados o transferidos (como genotipo) a descendientes, y en la mayor medida posible. Por lo tanto —se sostiene—, si un individuo que comparte los mismos genes con otro ve que este se encuentra en una situación de riesgo, se siente estimulado a ayudarlo y solucionar sus problemas, porque en realidad está defendiendo sus propios genes y su posibilidad de multiplicarse. Así, la madre y el padre cuidan a su hijo, porque ese niño tiene el 50% de su propio material genético. La conducta materna es aún más abnegada, porque posee la certeza de que

ese es su hijo. El padre no puede estar absolutamente seguro, por lo que su actitud hacia el niño es más distante. Paralelamente, estudios cuidadosos de conductas instintivas en grandes siniestros y catástrofes (incendios, terremotos, naufragios, etc.) han encontrado una correlación estricta entre genes que se comparten y acciones de salvamento: los hijos antes que la esposa, la esposa antes que la madre (la esposa puede tener otros hijos; la madre, no); luego, hermanos, tíos, primos, etc. No está claro cómo los genes se las arreglan para producir estas tendencias, aunque pareciera que el elemento básico es el “cariño”, es decir, la relación afectiva que se tiene con las personas genéticamente más cercanas. Sin embargo, la elección que empíricamente existe no puede atribuirse solo al cariño.

El *altruismo recíproco* es más difícil de entender, y ha originado complejas demostraciones matemáticas que intentan explicar por qué cada individuo cree o siente que gana entregando bienestar o salvando a otros, a los que a veces desconoce. Se argumenta que eso es comprensible estadísticamente. La posibilidad de ser salvado (esto es, los genes propios) en una situación de riesgo aumenta cuando los demás miembros del grupo al que se pertenece tienen las mismas tendencias altruistas desinteresadas. En cambio, en especies (o grupos humanos) en que predomina el egoísmo, las posibilidades de sobrevivida individual y grupal son menores.

Si la conducta altruista se extiende a todos los miembros de un grupo, ese grupo será más exitoso que aquellos en los que predominan los egoístas. Pero el altruismo recíproco se sostiene siempre que exista una mayoría que lo practique. Para asegurarse de que sea así, el ser humano (y algunos primates) ha desarrollado dos capacidades interrelacionadas: la “teoría de la mente” y los “sistemas detectores de engaño”.

2.3. La teoría de la mente y la detección del engaño

La práctica social del altruismo recíproco requiere, como su nombre lo indica, reciprocidad. Pero en cualquier grupo humano pueden existir individuos que reciben los beneficios

del altruismo sin realizar por su parte acciones “desinteresadas” en beneficio de otros. Dado que esta es una conducta negativa desde el punto de vista biológico, repudiable desde el punto de vista social, y opuesta al éxito del grupo, algunos psicólogos evolutivos han planteado la hipótesis de que los humanos hemos desarrollado capacidades específicas para la *detección del engaño*. La risa fingida no es igual que la real, la rabia, la placidez o la inquietud generan señales corporales que podemos conocer. El cariño auténtico se manifiesta de manera reconocible. La mentira produce variaciones corporales (dirección de la mirada, por ejemplo) y de la estructura del discurso (sus tonalidades y énfasis) que permiten descubrirla. Un grupo de científicos de California ha logrado definir las señales corporales (gestos, funcionamiento de músculos faciales, ademanes, etc.) y las lingüísticas que traicionan a quien quiere ocultar sus intenciones y sus emociones. La percepción de estas señales es habitualmente inconsciente, y el sujeto que la experimenta solo registra conscientemente la intuición de que se lo engaña, y/o de que se le ocultan motivaciones, propósitos y preferencias.

Sin embargo, la capacidad de detectar engaños parece ser solo parte de una capacidad más general, que existe también en un cierto nivel en animales superiores, y que posibilita detectar y suponer directamente, sin que medien explicaciones verbales, las intenciones, deseos y creencias de corto plazo de otros miembros de la comunidad. Esta capacidad general se ha llamado *teoría de la mente*, y se deduce del hecho de que podemos hacer hipótesis sobre lo que otros quieren y piensan o tienen en mente con mucha rapidez y eficiencia. Como cualquier otra capacidad neurobiológica, se distribuye en nuestra especie siguiendo una curva de Gauss, con lo cual existen en un extremo personas muy perspicaces para detectar los contenidos mentales de los demás durante una relación, y en el otro, individuos particularmente lerdos. Naturalmente, la mayoría se encuentra en el promedio. Existe sin embargo un trastorno, el autismo, que presenta, entre otros signos, una incapacidad para generar la teoría de la mente.

Como intuitivamente podríamos esperar, la teoría de la mente es más sólida y ajustada en el sexo femenino, especialmente en la detección de emociones. Aparece alrededor de los 4 años, y mejora hasta la pubertad, durante la cual, como sabemos, las niñas la usan haciendo supuestos sobre amigos y parejas potenciales, sobre todo las de sus amigas.

La teoría de la mente cumple un rol fundamental en el fortalecimiento de las relaciones sociales. El lenguaje hablado no es capaz de transmitir, con propiedad, todos los datos que uno necesita de su interlocutor para desarrollar con él relaciones sólidas y ajustadas. Las intenciones y las emociones son de difícil transmisión verbal. El cariño, la cercanía, la compasión tienen, excepto en los poetas, un mal vehículo en el lenguaje, como también el distanciamiento, el malestar, el rechazo. La teoría de la mente opera siempre en las relaciones estables (pareja y amigos, compañeros de trabajo), e incluso en las pasajeras, como una reunión de trabajo con desconocidos, una relación fortuita en un viaje o en un cóctel, etc. La detección del engaño forma parte del entramado social, en el que intervienen diversas facultades humanas, pues nos hace posible intuir lo que los demás piensan y sienten realmente, no lo que fingen pensar y sentir, y sacar así un beneficio individual, aprovechar una oportunidad, etc.

Como veremos más adelante, las relaciones maestro-alumno, las que se establecen entre los maestros, entre los alumnos, y las de todos y cada uno de ellos con otros agentes exteriores (TV, mails, grupos de referencia, etc.), están sujetas también a las variables que informan y sostienen la vida social. La comunidad escolar puede ser sentida por sus miembros como propia o ajena. Puede generar confianza y lealtades, o malestar y rechazo. Puede estimular la ayuda mutua y la cooperación (el altruismo es solo un nombre técnico) o el distanciamiento. Puede estimular en los niños y jóvenes la práctica de virtudes morales, pero cuando unos u otros perciben como engañosas las relaciones con el maestro, este no puede corregir defectos, lo que finalmente suele provocar el desencanto y el aislamiento de los estudiantes.

¿Tiene esto importancia en el aprendizaje? Cualquier método pedagógico, o cualquier organización de los estudios que se aplique en un ambiente social no apropiado tiene muy altas posibilidades de fracasar. Las actitudes positivas de los estudiantes, tan requeridas por los maestros, se crean en gran medida en el ambiente escolar. Es cierto que puede haber determinantes caracterológicos de algunos alumnos, o deficiencias causadas por la pertenencia a ambientes y subculturas externas con graves carencias. Sin embargo, repetidos estudios efectuados en diversos países muestran que las actitudes no son características rígidas e incambiables. En el promedio, aunque naturalmente hay excepciones, las actitudes pueden orientarse positivamente. Pero eso requiere no solo aplicar medidas pedagógicas específicas destinadas a cambiar actitudes; el asunto es más difícil, porque se trata de convertir todo el entorno escolar en un ambiente social que estimule la aparición y desarrollo de la variedad de conductas propicias al aprendizaje que estamos analizando.

2.4. Estatus y jerarquías. Prestigio y poder

La construcción de la realidad social, que estamos explorando, debe incorporar una tendencia de algún modo distinta a la que describimos anteriormente. En efecto, la constante disposición de las sociedades humanas a organizarse en *jerarquías* afirma, más que la cooperación social, la individuación y, con ello, la competencia entre los miembros del grupo, puesto que cada uno desea estar lo más alto posible en el árbol jerárquico.

La organización jerárquica de los grupos no es, como se sabe, privativa de la especie humana. Existe en nuestros primos gorilas y chimpancés (no así en los bonobos), como hemos indicado anteriormente, y en muchas otras especies de mamíferos y de insectos sociales, aunque en estos últimos lo que predomina es la especialización más que las jerarquías en las actividades que desarrollan. Es comprensible la utilidad evolutiva de esta especialización. Las abejas tienen una reina, obreras, soldados y zánganos. No hay aquí propiamente jerarquía, excepto la de

la reina, que es la encargada de ovular. Pero ¿cuál es la ventaja evolutiva para las especies que establecen jerarquías, además de especialización? El macho dominante (o la hembra, según el caso) tiene ventajas o exclusividad reproductiva, preferencia en el acceso a los alimentos y otros recursos (agua, protección, etc.), y sus obligaciones son con frecuencia bastante menores que sus ventajas. La matriarca elefante guía al grupo, el gorila de lomo plateado lo defiende, la hiena dominante tiene un liderazgo completo, pero el león dominante y el elefante marino no se preocupan de defender al grupo; solo se cuidan de otros machos competidores, al punto que, cuando el recién llegado triunfa, mata a los hijos del macho derrotado. Este comportamiento animal da pistas sobre el origen más primitivo de las jerarquías. Pareciera que esta tendencia se orienta a dar más posibilidades de reproducción a los que en la competencia demuestran poseer la mejor carga genética. Por supuesto, el predominio de los genéticamente mejor dotados hace que el grupo y la especie prosperen.

En el caso del hombre, aunque también parece que el origen de las jerarquías es privilegiar al mejor dotado, su establecimiento y funcionamiento es mucho más complejo, y produce efectos adicionales muy importantes, particularmente en las sociedades modernas. Es posible que ya en el Paleolítico superior, y sin duda en las comunidades actuales más primitivas, la jerarquía haya tendido a establecerse, especialmente en el sexo masculino, en relación con el *prestigio*, es decir, según la opinión (que puede ser implícita) de los miembros del grupo respecto a la posesión, por parte de alguno o algunos de sus miembros, de capacidades consideradas superiores (en cada época y lugar). El *estatus* define la posición de cada cual en la creada jerarquía. Es probable que el prestigio y el estatus de un macho *Cromagnon* estuvieran determinados por su eficiencia en la caza, la pródiga repartición de los bienes por él obtenidos (carne, peces, pieles, huevos, etc.) y la fortaleza en la defensa de su familia, y sobre todo de su grupo. Sería largo enumerar las cambiantes cualidades capaces de otorgar prestigio y estatus, según las distintas épocas y culturas. Estas cualidades pueden

variar además en diferentes entornos. Probablemente, el prestigio y el estatus de un campesino boliviano se basan en consideraciones distintas a las que se privilegian para un ejecutivo de Nueva York, aunque estas diferencias son más bien superficiales, ya que lograr una buena cosecha y hacer un buen negocio denotan igualmente capacidad de generar recursos. Se puede ser pródigo con la producción de manzanas o haciendo costosos regalos; se puede defender al grupo de la mafia de la coca o de las artimañas de las empresas competidoras. En una palabra, las cualidades que otorgan prestigio no han cambiado demasiado, aunque pudieran agregarse otras: ser atento y servicial, enérgico y proactivo, pacífico y comprensivo, etc.

Hemos dejado fuera de este listado, quizás injustamente, el prestigio que pueden alcanzar personas excepcionales en diferentes dominios, como un santo, un héroe, un constructor de imperios, un científico, un filósofo o un artista, creadores de nuevos mundos. Como el genio y la santidad escapan de los promedios, sus conductas y logros no son descripciones del ser humano común, pero constituyen ejemplos dignos de imitar, opciones que se pueden seguir.

Otro factor determinante en la ubicación de cada cual en las escalas jerárquicas (el estatus), es la capacidad para alcanzar y mantener poder, el que frecuentemente, pero no siempre, se manifiesta como *liderazgo*. En este caso, las virtudes que se privilegian son la fuerza de carácter, las estrategias de dominio y la perseverancia para alcanzar objetivos. Aunque estos atributos también deben ser, de alguna manera, reconocidos por los respectivos grupos, basta revisar la historia, e incluso nuestros propios entornos, para constatar que esto no siempre ocurre así. Por otra parte, como se ha dicho, las jerarquías se estructuran en los diferentes ambientes en que se desenvuelven las personas, esto es, en los diversos grupos en que trabajan y participan. Es evidente que la voluntad de poder tiende a manifestarse más acusadamente en organizaciones verticales que privilegian la autoridad: gobierno y políticos, conglomerados económicos y empresas, organizaciones religiosas, fuerzas armadas, etc.

Las jerarquías establecidas pueden generar conflictos sociales cuando las personas que ocupan los niveles más altos no tienen el prestigio necesario, porque llegaron a ellos por razones familiares (hijo del rey, o del dueño de la empresa), o a través de prácticas dudosas o deshonestas, o por simple azar (cambio en la lista de ascenso). En tales circunstancias, el grupo estará insatisfecho, sobre todo si no se cumplen las normas establecidas para cada caso. En el tiempo en que los reyes eran considerados de origen divino (por eso tenían poder), y la nobleza era designada por ese ser elegido por Dios, la estructura social se sostenía porque tal norma era aceptada por la mayoría.

Del mismo modo, la Sociología ha comprobado que todo grupo desarrolla normas (tradicionales, escritas, e incluso espontáneas en los grupos nuevos) que deben cumplirse para alcanzar posiciones y liderazgos en la jerarquía. Estos arreglos sociales pueden asumir muchas formas, según la sociedad, cultura, subcultura o grupo de que se trate, pero afirmamos que tales arreglos se sustentan en características biológicas. La necesidad de normas, la búsqueda de prestigio y el apetito de poder son instancias de alguna manera precableadas en nuestro cerebro, y después cristalizadas en sistemas políticos, organizaciones laborales, militares, religiosas, o aun en mafias y clubes deportivos.

Si tenemos en cuenta que el origen biológico de los sistemas jerárquicos es la búsqueda de los mejores atributos genéticos de los miembros de la especie (en la práctica, del grupo de pertenencia), no nos parecerá raro que esta búsqueda se concrete además en la *selección sexual*, ya descrita por el mismo Darwin como mecanismo importante de la evolución que privilegia a los más aptos. Esto, en cuanto al mundo animal, es hoy día casi una trivialidad que puede mirarse en la TV. Vemos allí cómo las hembras seleccionan sus machos, según sus plumas (pavo real, ave de la pasión), sus cantos, sus astas, sus danzas de apareamiento, su capacidad para eliminar competidores, etc. La pregunta que surge es si también los humanos tienen alguna forma de selección sexual.

Hoy día es indudable que los humanos tienen complejas formas de selección sexual vinculadas con determinados atributos físicos y mentales, y también con el prestigio y el poder, es decir, con las jerarquías. Se observa que en nuestra especie el sexo masculino selecciona preferentemente según atributos físicos y mentales relacionados con la maternidad. Prefiere mujeres con caderas y senos que aseguren partos y amamantamientos adecuados. Prefiere personalidades cariñosas, empáticas, inteligentes y sólidas, que aseguren crianzas felices y productivas. Las mujeres prefieren hombres de cuerpos sólidos, atléticos y de rasgos regulares, pues sus genes (y también los de los hombres) aún conservan tendencias relacionadas con ambientes paleolíticos, y privilegian además la inteligencia y el carácter, porque sienten que les otorgan mayor posibilidad de situarse en niveles altos de la jerarquía. En todos los asuntos que estamos estudiando, las mujeres deben anticipar y predecir quiénes pueden acceder mejor a los recursos que posibilitan una vida próspera para sus hijos y para sí mismas, quiénes pueden brindar mayor protección y apoyo a su familia. De esta manera, la selección sexual humana demuestra que los sistemas jerárquicos que apuntan más al polo individual de la vida social, se basan biológicamente en la búsqueda de los mejores genomas, puesto que cierran el círculo con ese tipo de selección. Las más altas jerarquías tienen mayor acceso a recursos y parejas, porque se supone que, teniendo mejores materiales genéticos, aseguran desempeños concretos de mayor calidad, y con ello la sobrevivencia del grupo y de ellos mismos. Paralelamente, son más elegibles por potenciales parejas, porque aseguran a través de la reproducción la multiplicación futura de sus buenos genes.

2.5. Obediencia a la autoridad

La Sociología, y en particular la Psicología social, han descrito una serie de conductas humanas que, a la luz de lo que estamos analizando, pueden tener un componente biológico importante. Algunas de ellas las hemos considerado al pasar,

en distintos capítulos de este libro. Entre estas mencionamos la xenofobia, la disonancia cognitiva, la asunción social de roles, la influencia grupal en las percepciones, y varias más. Su análisis detallado escapa a los propósitos de este texto, pero vale la pena considerar una, especialmente relevante para la vida social, a pesar de sus efectos eventualmente nocivos, que probablemente tiene un fundamento neurobiológico. Se trata de la tendencia de los humanos y de otras especies a obedecer a la autoridad aunque las decisiones de esta sean negativas para otros, esto es, “antialtruistas”.

“Obediencia a la autoridad” es el título de un experimento realizado reiteradamente en la década de los setenta por S. Milgram, psicólogo social norteamericano, primero en su país y luego en diversas culturas del mundo. Posteriormente, Milgram dio cuenta de ese experimento en serie en un libro al que le puso el mismo título ya mencionado.

El diseño del experimento era simple. Un conjunto de voluntarios con personalidades normales, de acuerdo a los tests correspondientes, debían hacer una prueba de aprendizaje a un sujeto (en realidad un actor) sentado detrás de un panel de vidrio, en una especie de silla eléctrica. Cada voluntario debía decir un grupo de palabras que el sujeto debía aprender y repetir. Si no lo hacía, el voluntario estaba autorizado, por las normas que se le entregaron y por la orden expresa de un psicólogo ubicado en su misma cabina, a “castigar” al sujeto del aprendizaje con descargas eléctricas de intensidad variable, que iban de 10 a 450 voltios, cuya gradación estaba indicada en un tablero de mando, en el que además había letreros que señalaban, de acuerdo a la potencia, los siguientes efectos de las descargas: riesgoso, peligroso, muy peligroso, máximo peligro. Pero los voluntarios no sabían que las descargas eran simuladas, y que el actor también simulaba recibirlas, respondiendo cada vez con las contorsiones apropiadas.

De los cientos de voluntarios que participaron en cada experimento, creyendo que el sujeto del aprendizaje recibía realmente las descargas, el 70% llegó al máximo de la potencia cuando el psicólogo ayudante presente les decía: “Siga con el

experimento”. En pruebas de control efectuadas sin la presencia del psicólogo ayudante, que representaba la “autoridad”, el porcentaje que llegó al máximo bajó en cifras variables pero muy significativas, deteniéndose en distintos voltajes.

El experimento se repitió con iguales resultados en muchos lugares del mundo. Cuando se explicaba a los voluntarios que ellos eran los verdaderos sujetos del experimento, ellos respondían que no era su responsabilidad, que los que decidían eran los encargados del experimento, que esas eran las condiciones que habían aceptado, etc. Al final de su libro, Milgram compara las declaraciones textuales de los voluntarios con las de los nazis procesados en Nuremberg, y deja en evidencia que fueron prácticamente idénticas.

Esto demuestra que los arreglos sociales de base biológica que resultan positivos para el grupo, pueden ser trastocados y provocar conductas negativas cuando autoridades malignas (como Hitler y Stalin) manipulan otras tendencias, también biológicas y también eventualmente positivas, como la “obediencia a la autoridad”. Cualquiera de nosotros puede encontrar ejemplos frecuentes de esto en distintos ámbitos del quehacer humano: históricos, políticos, sectarios, religiosos, organizaciones criminales, mafias, etc., donde se dan conductas negativas explicables por la manipulación de esta tendencia. Naturalmente, la obediencia a la autoridad es un elemento proactivo y ordenador de los grupos, para que estos logren sus propios fines, siempre que cuenten con liderazgos éticamente idóneos.

La importancia educativa de esta característica de la naturaleza humana es evidente. Niños y jóvenes pertenecen a grupos con diversos estilos de liderazgo. Los maestros son (o pueden ser) líderes muy importantes para sus alumnos. Pero se puede asegurar estadísticamente que algunos liderazgos son inapropiados. Los que no lo son (estadísticamente, la inmensa mayoría) deben competir con liderazgos desviados, tanto internos (líderes estudiantiles que ejercen influencias negativas: acoso, *bullying*, transgresiones mayores a la honestidad, a la disciplina, a las rutinas de estudio, etc.) como externos (personajes del propio entorno y otros grupos de referencia). Para educar

positivamente, los maestros deben identificar estos liderazgos desviados y formar a sus alumnos para que los resistan, es decir, para que actúen como el 30% de voluntarios del experimento de Milgram que no siguió las indicaciones del psicólogo ayudante (líder). Esto implica, por supuesto, formar a los estudiantes para que sean libres y dueños de sus conductas.

3. UNA MIRADA DE CONJUNTO A LA NEUROBIOLOGÍA DE LAS RELACIONES SOCIALES

Evidentemente, esta presentación fría y pragmática de las relaciones humanas, particularmente las amorosas, está lejos de cubrir todo lo que en ellas ocurre. Las relaciones de pareja, familiares y sociales son mucho más ricas y significativas que lo que aquí se dice. No puede ser que los humanos seamos máquinas dirigidas por genes egoístas que solo buscan su multiplicación y difusión. No es posible que el amor cantado por los poetas sea solo un cálculo de conveniencias, ni que la amistad, la compasión y la justicia sean arreglos prácticos orientados a la sobrevivencia de los grupos. Sin duda, todo esto es cierto, y también es cierto que la vida personal y social de los seres humanos es mucho más que eso. Pero el objetivo declarado de este libro es rastrear los componentes neurobiológicos de las conductas humanas que hacen posible aprender para conocer. Y como su extensión no puede exceder ciertos límites, se han seleccionado los hallazgos científicos modernos, en general poco conocidos, que pueden dar cuenta del aprender y del saber. Por eso mismo no revisamos, por ejemplo, los comportamientos “finos” de las relaciones de pareja, como gestos, palabras, atuendos y maquillajes que se orientan a buscar compañero y compañera, a enamorar, a seducir. Tampoco hemos señalado las consecuencias políticas y económicas de los factores biológicos que subyacen a la vida social. Está claro que hay múltiples vetas no exploradas en este recorrido.

Aun así, es interesante considerar el caso de las artes, que siendo en general un asunto individual (el creador artístico),

no pueden concebirse sin referencia a un público, es decir, a un grupo social.

El ejemplo del arte nos lleva a destacar otro efecto positivo del conjunto de elementos que hemos descrito en la Neurobiología de la vida en sociedad. Es el impulso a la *creatividad*, a la innovación, al progreso que estos dispositivos han significado para nuestra especie. Para ascender a un alto nivel jerárquico, uno necesita trabajar, imaginar, crear, cualquiera sea el grupo al que pertenezca. Eso depende, claro está, de lo que allí más se aprecie. Pero, como hemos visto, un alto nivel jerárquico mejora las posibilidades de acceso a los recursos y a la relación de pareja, con lo que el estímulo para surgir adquiere mayor potencia. Sin embargo, poco de esto se percibe conscientemente, y lo mismo sucede a veces con las características de un grupo que dificultan el despliegue de la creatividad. Esto ocurre si en el grupo no predomina la confianza, no se acatan las normas supraindividuales, o, lo que es más frecuente, se constituyen solo para subgrupos especiales. Si entre sus miembros no hay lealtades y tampoco reciprocidad —moneda necesaria del altruismo—, la sobrevivencia próspera de los individuos y del grupo mismo se hará probablemente muy difícil.

Si uno mira el conjunto de las condicionantes neurobiológicas de la vida en sociedad, puede encontrar pistas que expliquen algunos de sus efectos en la tarea de aprender. Hemos dicho, por ejemplo, que un incentivo importante para los humanos es el prestigio, y que este siempre depende de un grupo que lo otorgue. Por otra parte, los grupos de referencia de cada cual son múltiples y variados, y la sensación de pertenencia de cada persona a cada grupo no es homogénea. Esto hace que los intereses y conductas que dan prestigio y generan estatus se orienten más hacia los grupos a los cuales la persona asigna mayor importancia. Los estudiantes, aun los más pequeños, tienen varios grupos de referencia: la familia, los amigos, los compañeros de escuela, la banda urbana a la que pertenecen, etc. En este asunto, nos parece que una cuestión central de la educación formal es averiguar en cuál de esos

grupos de referencia busca prestigio cada alumno. Lo mismo ocurre respecto a la escala jerárquica. ¿Prefiere estar entre los alumnos de excelencia, o en la jefatura de la banda urbana? ¿Le interesan más los honores que le brindan sus notas y su comportamiento escolar, o los que le produce marcar goles en el equipo de fútbol de su barrio? En el mismo sentido, puede uno preguntarse sobre los sistemas normativos. ¿Están primero para el alumno las obligaciones escolares, o la tradicional cerveza con sus amigos? Pero como se ha indicado, las normas morales se articulan con las subculturas familiares y grupales. ¿A quién imita? ¿A un tío deshonesto, pero que posee bienes que le interesan, o a un profesor sabio y confiable, pero con pocos recursos? Incluso pueden encontrarse personas para las cuales engañar, mentir, robar o agredir dentro de su grupo de referencia principal, es una prohibición absoluta, pero no lo es cuando se trata de desconocidos, o de personas o grupos que se sienten o califican como enemigos. Recuérdense las atrocidades de la guerra, en la que los enemigos son tan ajenos que se considera lícito engañar, violar, robar y matar. Esto no es nuevo. A los ejércitos de Josué no solo les estaba permitido masacrar a mujeres y niños del bando contrario; hacerlo era una instrucción divina. Sin embargo, en la parábola del Buen Samaritano, Jesús llama a ayudar aun a los enemigos, como lo eran los judíos para los samaritanos. Es decir, a aplicar lo que aquí hemos llamado conductas altruistas, que junto con la teoría de la mente son la base de la empatía y el amor.

Queda a la vista, entonces, que las consideraciones de la Neurobiología de la vida en sociedad son críticas para la Neurobiología del aprendizaje. Naturalmente, se tiene más confianza en el grupo de referencia más cercano. En ese grupo se aprenden los datos que aparecen como importantes y decisivos, se desarrollan conductas que otorgan prestigio, se imita a sus líderes y, sobre todo, se acatan y aplican los sistemas normativos por los que se rige.

El punto crítico de este tema es que esas normas y conductas, esas informaciones, conocimientos y habilidades, pueden no solo ser diferentes a las deseables en la educación formal,

sino incluso contrapuestas a ellas. El desafío es hacer prevalecer en los estudiantes los objetivos y los contenidos cognitivos, morales y operativos que propone la escuela, por sobre las tendencias antagónicas con las cuales debe competir en la mente de los niños y jóvenes que educa. Esto, que puede ser fácil con ciertos grupos de estudiantes, resulta difícil o muy difícil con los más desposeídos y vulnerables, que suelen responder a incentivos muy distintos a los que propone la enseñanza.

TERCERA SECCIÓN

FACULTADES CEREBRO-MENTALES
DE ORIGEN ANCESTRAL

CAPÍTULO 5

LOS PROCESOS NEUROBIOLÓGICOS DEL APRENDIZAJE

Los procesos neurobiológicos que posibilitan el aprendizaje se basan, como ya se ha establecido, en las operaciones de neuronas, sinapsis y redes neuronales. Ahora nos interesa estudiar, en un nivel más alto, las complejas capacidades que hacen posible aprender, y que se estructuran a partir de esas operaciones celulares. Tales capacidades o facultades superiores tienen la tarea de *obtener información, procesarla, depositarla, evaluarla, valorarla*, y luego *recuperarla* para utilizarla en el cumplimiento de *metas y submetas* destinadas a cumplir *objetivos*. Este complejo conjunto de funciones opera a partir de los procesamientos específicos realizados en los llamados *módulos cerebrales*, amplios grupos de redes neuronales que suelen localizarse en regiones particulares del cerebro encargadas de diversas funciones (visual, lingüística, emocional, etc.). Aunque los módulos operan con cierta independencia en su propio dominio, están interconectados por redes neuronales aún más amplias que, como se ha insistido, utilizan masivamente los procesamientos en paralelo y secuenciales con constante retroalimentación. Esta organización neuronal modular explica que cada una de las facultades cognitivas que pueden describirse incluye varios componentes o tipos que se procesan en módulos aún más acotados pero interrelacionados. Por eso se habla en plural de las memorias, las emociones, etc. La organización modular de las *funciones o facultades mentales* genera hoy día un amplio debate. Puede sostenerse, por ejemplo, que la memoria es una función general muy primitiva. Su progresivo mejoramiento evolutivo

puede deberse a reorganizaciones de redes, a agregados de nuevos módulos (la memoria de palabras en el hombre) o a ambos mecanismos, sucesiva o simultáneamente. El problema que origina el debate es la difícil posibilidad de identificar módulos específicos en un cerebro que trabaja de manera muy integrada. Esta discusión debemos dejarla hasta aquí, para avanzar a la descripción específica de las facultades que hacen posible el aprendizaje.

Si examinamos con cuidado los distintos procesos mentales (y en cierto sentido, también los corporales), veremos que todos, de alguna manera, permiten siempre aprender. Recordemos que el fin último de los organismos vivos es *acomodarse constante y dinámicamente a sus propios ambientes*, con lo cual, dado que estos ambientes no son nunca estáticos, y tampoco lo es la relación del individuo con ellos, este último debe siempre cambiar, es decir, *aprender*. Este principio general puede aplicarse a cada una de las facultades mentales, aunque algunas de ellas están, por así decirlo, más especializadas en ingresar y procesar nueva información, y otras, en utilizarla con provecho para cumplir ciertas metas y objetivos. Es obvio que los dispositivos destinados a fijar metas y resolver problemas para alcanzarlas también deben aprender. Siempre hay nuevas metas, y siempre pueden mejorarse los procesos necesarios para lograrlas.

De hecho, las regiones (lóbulos) ubicadas por detrás de la *cisura de Rolando*, que divide ambos hemisferios cerebrales en una región anterior y otra posterior, operan ingresando y procesando información. Las anteriores intervienen programando y ejecutando conductas.

Si tenemos en cuenta los insistentes argumentos desarrollados en este libro sobre la muy activa búsqueda y selección de información a través de procesos *top-down*, se hace evidente que tal distinción no es estrictamente verdadera, a pesar de su claridad pedagógica. Esto porque el *aprendizaje real es un proceso activo de búsqueda y selección de información, con el fin de resolver problemas necesarios para alcanzar objetivos y metas*. Aun así, seguiremos el orden pedagógicamente más apropiado para describir

los procesos mentales que hacen posible aprender y conocer para actuar, abordándolos según la siguiente secuencia:

- Atención y percepción.
- Memorias.
- Emociones y sentimientos.
- Racionalidad.

1. LA ATENCIÓN Y LA PERCEPCIÓN

Si bien la *atención* puede dirigirse a una cantidad muy diversa de procesos mentales (cómo programo mi viaje a la playa, cómo resuelvo mi problema económico, qué bus debo tomar, cuál plato elegiré en el restaurante, etc.), parece claro que la función original de la atención no es la propia vida mental, sino aquello que está fuera de la mente, en el espacio externo o en el propio cuerpo. Por esta razón, es conveniente tratar la atención en combinación con la *percepción*, es decir, con el ingreso de información y con las condiciones que los estímulos deben cumplir para “llamar la atención” y ser objeto de los procesos perceptivos.

Sin embargo, para poder seleccionar el estímulo que por cualquier razón interesa, es menester tener acceso a una amplia variedad de ellos, entre los cuales sea posible elegir el que será perceptivamente procesado. De esta manera, puede distinguirse una *atención difusa o alerta*, y una *atención focalizada*, que sería por lo tanto posterior a la primera. Pero la mente no funciona habitualmente así. El *estado de alerta*, que posibilita la atención difusa en los seres conscientes, es indispensable para reconocer con rapidez estímulos (cosas, animales, personas, situaciones) potencialmente ventajosos o dañinos sobre los cuales focalizar la atención. En realidad, por razones biológicas de supervivencia, la atención difusa se dirige más a los dañinos que a los ventajosos. En cambio, es corriente que la atención focalizada se concentre activamente en los asuntos de interés, a través de los procesos *top-down* ya descritos. Esta capacidad de focalizar la atención, que opera en conjunto con la consciente

orientación perceptiva (hacia el mundo) y cognitiva (hacia el propio sentir y pensar), es lo que llamaremos *intencionalidad*, y, como veremos en los siguientes capítulos, da también origen a las conductas voluntarias. Es patente el interés que tiene para la Neurobiología del aprendizaje y para la educación esta relación de las percepciones y de la atención focalizada con la intencionalidad. Esta última es, por así decirlo, el brazo activo de los procesos mentales destinados a resolver problemas para cumplir metas. Como sabemos, cuando la intencionalidad es consciente, se llama *voluntad*.

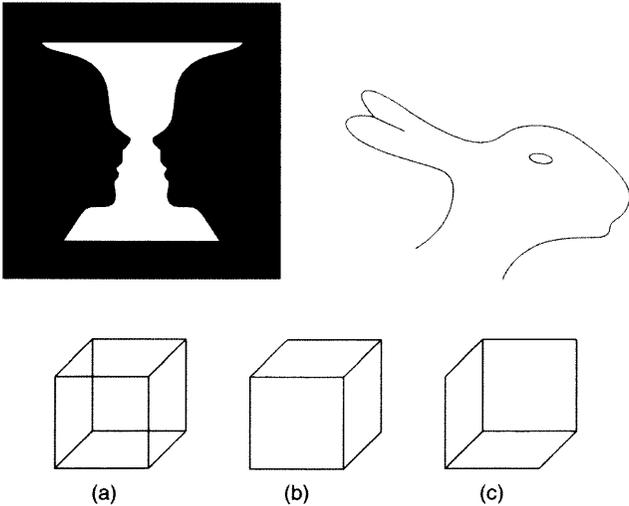
Se conocen más o menos bien los procesos neurobiológicos (redes y vías neurales) que procuran activamente la búsqueda y selección de estímulos externos o internos (cosas, personas, lugares, situaciones, ideas, sentimientos) que resultan en cada caso convenientes. Se sabe, por ejemplo, que las células de la retina y del resto de la vía óptica, hasta el lóbulo occipital, reciben señales neurales centrífugas (de dentro hacia afuera) milésimas de segundo “antes” de iniciar el procesamiento de fotones en los conos y bastoncitos, con lo cual es fácil deducir que el aparato visual, en sus diversas fases de procesamiento, está preparado con anticipación para “ver” aquello que los niveles mentales superiores han calificado como adecuado en cada momento, lugar y situación. Ya dijimos que es posible dirigir la atención (y la percepción) auditiva. Por su parte, los catadores de vino o los expertos en perfumería pueden buscar y seleccionar matices de olores. Incluso puede seleccionarse la información cenestésica (que proviene del propio cuerpo). Si algún lector, mientras lee este texto, quiere sentir su pie izquierdo, lo logrará mejor si lo mueve, pues agregará el roce (es decir, información táctil consciente). Pero la “posición” del pie, cuya información va por otra vía, también puede ser conocida.

Estos últimos ejemplos nos introducen en otras características y problemas de la atención y la percepción.

Uno de esos problemas es determinar cuántos estímulos simultáneos puede atender el cerebro. Muy diversos estudios han demostrado que la *atención focalizada consciente puede dirigirse cada vez a un solo estímulo mayor*. Por ejemplo, cuando es

necesario percibir una escena compuesta de varios elementos, la atención fluctúa entre la percepción de patrones que relacionan esos elementos y la percepción de cada uno de ellos (los principales) por separado. Existe una afección neurológica llamada “simultagnosia”, que consiste en la imposibilidad de reconocer un conjunto, por ejemplo, una fotografía de un choque con varios vehículos involucrados, heridos, ambulancias, árboles, etc. El patrón de relaciones que otorga significado a esa escena (accidente de tránsito grave) no puede ser aprehendido por quienes sufren esta afección, y si se les pregunta en qué consiste la escena, indican solo un automóvil, una ambulancia, etc. El tan conocido cubo de Neckar (Ilustración 11) muestra las mismas restricciones de la atención. En él no pueden verse, al mismo tiempo, las dos orientaciones posibles de las caras anteriores del cubo. También se ha demostrado la dificultad de focalizar simultáneamente la atención en dos entradas sensoriales: visión y audición, por ejemplo.

Ilustración 11
Ambigüedades de la percepción



Fuente: Smith, Edward E. y Kosslyn, Stephen M. *Procesos cognitivos: Modelos y bases neurales*. Pearson Education, S.A., Madrid, 2008, págs. 96-97.

Es evidente la importancia práctica de estos hallazgos. Nadie puede aprender el contenido de un libro que está leyendo y gozar al mismo tiempo de una música registrada por sus oídos. Hay personas que desarrollan la estrategia de atender alternadamente a los estímulos visuales y a los auditivos. Pero las investigaciones sobre los resultados de los aprendizajes en estas condiciones revelan que la memoria de los contenidos musicales y de lectura registrados simultánea o alternadamente es mucho menor que la de esos contenidos atendidos por separado. La conclusión obvia es que las estrategias educativas deben tener en cuenta estas limitaciones neurobiológicas, y concentrar en un solo asunto cada experiencia de aprendizaje.

Un punto adicional que es necesario abordar respecto a la atención y la percepción, es que, según lo que acabamos de ver, parecería que solo percibimos aquellas informaciones que pueden obtenerse mediante la atención focalizada. Pero es bien conocido que, con mucha frecuencia, esto no es así. Hay información que se deposita en la memoria (no está claro si solo durante un corto plazo) y que fue obtenida subliminalmente, es decir, sin atención focalizada y sin conciencia de que se adquirió. Esta *percepción subliminal*, que efectivamente existe, ha tenido una interpretación pública un poco fantasiosa. Se dice que algunas empresas aseguran el consumo de sus productos recurriendo a la propaganda subliminal, mediante avisos de TV tan breves que el telespectador no los registra, o disfrazados de tal modo que, aunque los perciba, no se da bien cuenta de ello. Y que esa propaganda produce una especie de efecto hipnótico, que impulsa a consumir el producto. Lo que parece cierto es que la propaganda (u otras informaciones) a las que no atendemos focalizadamente pueden ser percibidas y registradas en la memoria si son muy frecuentes y muy llamativas, es decir, capaces de provocar la atención focalizada, aunque solo por muy corto tiempo. Generalmente, esos mensajes tienen colores muy vivos, o sonidos estridentes (el volumen de los avisos comerciales en radio y TV es deliberadamente mayor que el del resto de las emisiones). Además, como lo prueba la propaganda de la Coca-Cola, la información repetida con mucha

frecuencia se percibe y recuerda casi sin pensarlo, sobre todo si se entrega a través de distintos medios (TV, radio, prensa escrita, avisos en paredes y buses, etc.). Debe hacerse notar que en estos casos se trata de informaciones que se perciben y a las que se atiende sin una intencionalidad expresa que las busque y seleccione por mecanismos *top-down*. Su existencia y características deben considerarse al diseñar programas de enseñanza en la educación formal o en la comunicación social.

Pero hay otra razón, muy importante, que hace llamativa la información no buscada. Es el *contenido emocional* que puede tener para el que la recibe inesperadamente. El que un hecho, persona, situación o lugar provoque emociones es un reconocido activador y selector de atención focalizada y percepción, y de todos los demás procesos cognitivos. Más adelante veremos cómo la definición de lo que se queda en la memoria (qué se aprende) es de algún modo marcado por su impacto emocional. Por ahora, basta indicar que el contenido emocional de la información no buscada que atrae la atención puede ser de muchos tipos, pero en general se vincula con las condicionantes neurobiológicas de la vida social. La propaganda comercial usa las normales tendencias a buscar pareja para publicitar toda clase de productos masculinos y femeninos. Esos productos son distintos para cada género, pues corresponden a sus diferentes requerimientos y preferencias, y esas preferencias tienen en último término un contenido emocional. Por lo mismo, también suelen ser distintos los artefactos eléctricos o mecánicos que más les gustan a las mujeres y a los hombres. Más aún, los medios de comunicación masiva apelan a la emocionalidad humana cuando entregan noticias sobre dramas y conflictos reales, y cuando transmiten teleseries y películas en las que están en juego situaciones ficticias altamente dramáticas. Incluso las transgresiones a las normas morales socialmente aceptadas provocan intensas reacciones emocionales.

Podemos entonces concluir que la carga emocional provocada por los estímulos que atraen la atención y configuran las percepciones es un factor decisivo para los procesos de

aprendizaje. El asunto de fondo es si estamos incorporando este factor crucial a nuestras estrategias y métodos educativos.

Una última cuestión respecto a la percepción, también decisiva para el aprendizaje y la memoria, es que el cerebro construye el mundo perceptivo aplicando ciertos principios y restricciones que no dependen de la realidad externa. Una de estas capacidades es la de *completar información*. El sistema visual puede agregar letras que faltan en una palabra leída, o las líneas necesarias para completar una figura dibujada a medias. Pero esta capacidad de rellenar con supuestos plausibles no se restringe a las percepciones. Hay informaciones que se agregan a memorias incompletas, y relatos que se articulan a partir de pocos datos firmes, con varios supuestos agregados. La disposición a rellenar, cuyo origen neurobiológico veremos más adelante, está más presente en los niños, cuando se trata de funciones cognitivas superiores, como las que se ponen en marcha al hilvanar una historia. No es un intento de engañar conscientemente al interlocutor, sino un proceso no consciente que los niños pequeños, sin suficiente capacidad crítica, realizan sin mala intención, pues solo desean completar y dar coherencia al relato.

En el mismo sentido de fiabilidad de las percepciones, conviene destacar el tantas veces repetido experimento de psicología social en el que un grupo (confabulado) convence al sujeto del experimento (ignorante del acuerdo) de que dos rectas de distinta longitud son iguales, o de que dos fotografías del mismo objeto representan cosas diferentes. Naturalmente, esto tiene límites. La diferencia entre las rectas debe ser escasa (pero perceptible), y los ángulos y sombras de las dos fotografías deben tener alguna leve diferencia. Sin duda, en este caso opera otro tipo de condicionante: el fuerte impulso humano a congraciarse con el grupo social, a no ser distinto a los demás. Similares influencias *top-down*, que modifican percepciones, operan en niveles cognitivos y emocionales más altos, como se observa en los cambios de opiniones y juicios respecto a diversos asuntos (desde los políticos y religiosos hasta los más triviales), debido a la presión grupal.

Ilustración 12
Test de Stroops

BLANCO	BLANCO
NEGRO	GRIS
GRIS	BLANCO
BLANCO	NEGRO

Fuente: Smith, Edward E. y Kosslyn, Stephen M. *Procesos cognitivos: Modelos y bases neurales*. Pearson Education, S.A., Madrid, 2008, pág. 300.

La Ilustración 12 muestra el Test de Stroops, que se utiliza para evidenciar de qué manera la ambigüedad de los estímulos dificulta la percepción, y en consecuencia el aprendizaje. Como se indica en este caso de *disonancia perceptiva*, cuando el color y la palabra que lo denota no son coincidentes, la percepción se lentifica y distorsiona. Pero esta exigencia de que los estímulos sean consistentes no se da solo en los procesos perceptivos. Cuando no hay consistencia en las representaciones que sirven a niveles cognitivos superiores, se generan problemas psicológicos serios. La *disonancia cognitiva* se produce cuando alguien cree firmemente en algo (una persona, una ideología, etc.), pero siente que ese algo es contradictorio con, por ejemplo, creencias morales a las que también adhiere firmemente. Es el caso de quienes creen al mismo tiempo en una determinada dictadura y en los derechos humanos. Pero aquí nuestro problema es examinar cómo estas disonancias perceptivas y cognitivas limitan o impiden el aprendizaje. Tenemos el ejemplo clásico del padre (o profesor) que le dice a su hijo (o al alumno) que no debe mentir, mientras él mismo miente. Esa clase de conducta inconsecuente hace que el niño pierda valores morales. Incluso pueden existir disonancias cognitivas en informaciones no vinculadas con ese tipo de valores. Por ejemplo, contradicciones entre las afirmaciones de hecho de distintos profesores, interpretaciones muy diversas

de acontecimientos históricos o sociales, análisis divergentes de la realidad natural, etc.

Estas capacidades y restricciones del procesamiento neurológico de la atención y la percepción nos conducen a los dispositivos que depositan, organizan y hacen disponibles las informaciones al contribuir a convertirlas en conocimientos. Estos dispositivos son las memorias.

2. LAS MEMORIAS Y LAS REPRESENTACIONES

Es muy difícil hacer una descripción acotada y precisa de la *memoria* como una facultad separada e independiente de otras (percepción, emoción, juicio, lenguaje, etc.). Su misma definición la vincula con las demás en conjuntos funcionales que generan límites difusos entre ellas. En efecto, la definición habitual divide los procesos de memoria en tres capacidades secuenciales:

- Registrar y codificar información.
- Almacenarla y mantenerla.
- Recuperarla.

Aunque más adelante veremos estos procesos en detalle, en este momento interesa destacar que el primero de ellos, *registrar* y *codificar*, se inicia claramente en la percepción, tanto que existe la *memoria perceptiva*, que puede ser de colores, figuras, sonidos, aromas, etc. De la misma manera, la *recuperación* de las representaciones que ya existen en la memoria, y que sirven como antecedente necesario para cualquier operación mental, es una función que depende de la intencionalidad y su articulación con una meta, a través de la *memoria de trabajo*, que examinaremos también más adelante. Así, por ejemplo, entre los elementos indispensables para calificar una experiencia y definir una conducta está el posible impacto emocional de una y de otra en el pasado, por lo que la recuperación o recuerdo de los datos necesarios (emocionales, en este caso) no es una función exclusiva de la memoria, sino además de los procesos ejecutivos de toma de decisión.

De esta manera, de los tres procesos indicados en la definición habitual de la memoria, el más nuclear, y propiamente mnésico, es el *almacenamiento y mantención de la información*. Para lograr esto se requiere que las representaciones sean *codificadas*, como ocurre en una biblioteca o un archivo computacional, que clasifican en un cierto orden los libros o conocimientos que registran. De otro modo, la recuperación (el recuerdo) sería imposible. De hecho, los así llamados “pecados” de la memoria humana normal, como la sugestionabilidad, la atribución falsa y las deformaciones de los recuerdos, dependen en gran parte de la influencia de factores (funciones) distintos a la memoria propiamente tal: las emociones, la necesidad de articular relatos coherentes del pasado y de sí mismo, etc. Esta indispensable y estrecha relación de la memoria con los demás procesos mentales se debe a la *naturaleza reconstructiva de los procesos mnésicos*, de modo que los recuerdos de un evento son dinámicamente influidos por otros conocimientos, por marcos conceptuales diversos y por las inferencias a las que ellos dan origen.

En un famoso estudio se mostró a unos sujetos una breve película de un accidente automovilístico. A algunos se les preguntó: “¿Vio algún faro roto?”, y a otros: “¿Vio el faro roto?”. Aunque en realidad no había ningún faro roto, los primeros (algún faro) reportaron menos la respuesta incorrecta que los segundos (el faro).

Estas últimas consideraciones muestran que aun el proceso más propio de la memoria (depósito y registro de representaciones) no es estático, sino muy dinámico, y está sujeto a algún tipo de reconstrucción, según las circunstancias y necesidades mentales del sujeto. Por cierto, la reconstrucción se transforma en fabulación y mitomanía por daño del lóbulo prefrontal, que se relaciona sobre todo con la *función ejecutiva*, es decir, con la recuperación de información más que con su depósito. Naturalmente, en un sujeto sano, los “pecados” de la memoria tienen límites impuestos por las capacidades críticas que analizaremos después, que inhiben recuerdos falsos poco plausibles.

2.1. Codificación de las representaciones almacenadas por las memorias: las categorías

Antes de entrar a describir la estructura y funciones de las memorias, digamos unas palabras adicionales sobre uno de sus más importantes atributos. Se trata de lo indicado anteriormente respecto a la codificación de las representaciones que ellas almacenan.

Como se dijo, las representaciones deben ser ordenadas y clasificadas de algún modo, pues de otra manera, frente al caos que puede significar la existencia de representaciones sueltas y desordenadas, su recuperación y uso son imposibles. Este atributo ordenador se manifiesta a través de la estructuración de *categorías*. La capacidad categorial es crítica para el funcionamiento de la mente, desde varios puntos de vista. El pensamiento conceptual solo es posible si se pueden manejar *abstracciones*, esto es, niveles de generalización (representaciones de segundo nivel) que siendo consistentes con la realidad permitan hacer *inferencias* válidas sobre ella. Tales inferencias posibilitan predecir acontecimientos, conductas futuras de objetos o personas, y desarrollos posibles y probables de diversas situaciones, porque objetos, personas y situaciones pertenecen a *clases* (categorías) que se conocen, aunque cada uno individualmente sea desconocido. Por ejemplo, si alguien se relaciona con una mujer desconocida, joven y casada, puede predecir que su conducta será distinta a la de una joven soltera, o una anciana, cualquiera sea su estado civil. Si se relaciona con un hombre, y es heterosexual, su conducta es otra. Si está en Londres y arrienda un automóvil de un modelo desconocido, debe conducirlo de un modo diferente al que utiliza para manejar en Santiago su propio automóvil. En ambos ejemplos, para funcionar adecuadamente y desarrollar conductas apropiadas, se usan conocimientos previos, ordenados además en categorías: sexo, edad y estado civil en el primer caso (referido a personas); circulación, sentido del tránsito y características del vehículo en el segundo (referido a objetos). Estos ejemplos nos muestran la importancia decisiva de disponer de *información* (representaciones) ordenada en

categorías, pero también que las categorizaciones según tipos y clases no son casuales ni azarosas.

Se ha demostrado que todos los animales categorizan, sea a nivel primitivo (otro animal que se percibe se incorpora de inmediato a las “clases” de presa, depredador o indiferente), sea a niveles de alta complejidad categorial, como ocurre con el hombre.

La categorización humana se rige por algunas pautas generales, iguales para todos los individuos de la especie, y por otras más específicas, dependientes de los entornos y las culturas. En relación con las *pautas generales de categorización*, todos diferenciamos objetos y personas de un modo tan básico que estos se transforman en características del género de pertenencia. Generalmente, un niño de cinco años prefiere como juguetes los camiones (objetos). Una niña de la misma edad, las muñecas (personas). Clasificamos los objetos en vivientes (árboles, perros) y no vivientes (muebles, piedras). Los vivientes, en los que se mueven por sí mismos y los que no lo hacen. Los que se mueven, en diversas clases (gatos, caballos). Los no vivientes, en utensilios, herramientas, y los que no tienen utilidad. Podríamos así seguir enumerando un listado muy extenso de categorías generales.

Ciertos enfermos, debido a una pequeña lesión en regiones temporales posteriores izquierdas, pueden perder la capacidad de reconocer vegetales. Daños en similares regiones derechas producen la incapacidad de reconocer caras. Esto significa que existen regiones específicas del cerebro que, de un modo aún no bien comprendido, contienen los esquemas, trazas y recuerdos de objetos y personas, según su particular categoría. Existen además categorías más abstractas, que ordenan los objetos, las personas y las situaciones en categorías morales (buenas y malas), estéticas (bello, feo), religiosas (sagradas, profanas), o lógico-matemáticas (deducciones válidas o erróneas). Para estas últimas no se conocen localizaciones cerebrales específicas, aunque se sabe que los lóbulos prefrontales izquierdos procesan categorías lógico-matemáticas, que por su naturaleza implican secuencialidad, y los lóbulos prefrontales derechos,

categorías morales y estéticas, que implican procesamientos globales

Las *pautas específicas de categorización*, según entornos, culturas y subculturas, son derivaciones de las generales. Todos los humanos distinguen nieve de arena, y las ubican en la categoría que corresponde: objetos sin movimiento propio. Los esquimales pueden distinguir casi 20 tipos (clases) de nieve, y así los clasifican. Todos distinguimos los diversos sonidos de la música, pero depende de la cultura introducir en la música categorías más específicas: clásica, folclórica,ailable, rock pesado, ópera, jazz, etc.

Las emociones también son recordadas según categorías generales, las así llamadas emociones básicas, aunque pueden ser especificadas en sentimientos y afectos. Esto lo veremos en el próximo capítulo.

2.2. Los tipos de memorias

A partir de las propuestas de la Psicología cognitiva, que, teniendo presente el moderno desarrollo informático y computacional, considera que el cerebro es esencialmente un procesador de información, se ha producido una vigorosa discusión neurobiológica sobre los alcances y límites del concepto de memoria. En efecto, si la memoria se define como el conjunto de procesos destinados a incorporar, depositar y recuperar información, y se entiende esta última como cualquier modificación o cambio incorporado a los procesos cerebrales y que influye en su desempeño, el ámbito de lo que tradicionalmente llamábamos memoria se expande considerablemente, y con ello nuestro concepto de *aprendizaje*. Así, deberíamos considerar la evolución de las especies que se produce por variaciones en el genoma como una forma de *memoria biológica evolutiva*. Del mismo modo, el desarrollo y “puesta a punto” de capacidades tanto innatas como aprendidas que mejoran el procesamiento de la información, y no solo sus contenidos representacionales, determinan también formas de *memoria de procedimientos y de habilidades superiores*. Esto significa que el

aprendizaje no se refiere solo a las cosas, personas, situaciones, conceptos, etc., que se recuerdan (es decir, que se aprenden), sino además al modo como tal información o representación se procesa y en cuáles formatos se ordena para lograr mejores *competencias mentales* (o corporales).

En relación a lo que hemos llamado competencias mentales, es probable que la muy antigua distinción entre *ilustración* y *formación*, como objetivo de los aprendizajes, esté referida a la diferencia entre *memorias de contenidos de información y representaciones* (ilustración o memoria de qué se recuerda) y *memorias de procedimientos* (de cómo se procesa). Este último tipo se denomina *memoria procedural*, aunque a veces se restringe indebidamente a memorias de saberes motores (andar en bicicleta, poner la mesa, etc.), cuando en verdad consiste, además, en ser capaz de aprender y aplicar modelos respecto a operaciones superiores, tales como generar estrategias conductuales adecuadas, maneras lógicas de resolver problemas, etc., caso en el que “habilidades superiores” es un mero nombre. En este mismo sentido, las memorias de procedimientos y de habilidades afinan y ponen a punto las capacidades innatas de producir generalizaciones abstractas (categorías), con lo cual permiten disponer de un tipo *genérico* de memorias, que más que retener datos, ideas y conceptos generales, mantienen los algoritmos necesarios para procesarlos y activarlos (Tabla 2).

Las memorias se pueden clasificar desde dos puntos de vista. El primero es según su duración: memorias *inmediatas*, *de corto plazo* y *de largo plazo*. El segundo, según sean conscientes (y por lo tanto, recuperables en palabras) o no conscientes (en tal caso, se expresan en conductas que las explicitan). Las primeras se llaman *declarativas o explícitas*, y las segundas, *implícitas o procedurales y de habilidades*.

Existe por último una tercera forma de memoria, descrita con cierta precisión solo hace pocos años, y que por sus características e importancia merece ser examinada independientemente. Es la *memoria de trabajo*. En lo que sigue se describirá con cierto detalle cada una de las variedades que constituyen esta facultad tan central y decisiva en los procesos de aprendizaje.

Tabla 2
Principales sistemas de memoria y aprendizaje en humanos

Sistema	Otros términos	Subsistemas
De procedimiento	No declarativa	Habilidades motoras Habilidades perceptuales Habilidades cognitivas Aprendizaje no asociativo Condicionamiento simple
Sistema de representación perceptual (MLP)	<i>Priming</i>	Formación visual de palabras Formación auditiva de palabras Descripción estructural
Semántica	Conocimiento genérico	Espacial Relacional
De trabajo		Espacio de trabajo A corto plazo (registro) Visual Auditiva Espacial Contenido desde la MLP Procesos Función ejecutiva
Episódica	Autobiográfica Personal	

Fuente: Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. McGraw-Hill, México, 2004, pág. 276.

2.2.1. La duración de los recuerdos

A pesar de la enorme variedad y complejidad de procesos que puede realizar, el cerebro no es un órgano de capacidad ilimitada. Sus recursos –neuronas, sinapsis, redes y formas de comunicación– son finitos, pues dependen no solo del volumen y número de sus componentes, sino además del oxígeno, la glucosa y demás elementos provenientes de otros órganos, que le son entregados por la circulación, ya que no tiene reservas propias. En estas condiciones, el tiempo durante el cual mantiene las informaciones (representaciones) que recibe está estrictamente determinado por la efectiva posibilidad de utilizarlas en un futuro, que puede ser inmediato o lejano.

Como sabemos, los *recuerdos* sirven para conocer o reconocer la realidad, y mediante ellos anticipar y predecir.

Por ejemplo, cuando una persona conduce su automóvil desde su casa a su trabajo, debe eventualmente detenerse en varias luces rojas, discos “Pare” o señales de “Ceda el paso”. No tiene ningún interés biológico en recordar cuántas veces se detuvo, dónde y por qué lo hizo. Tales acontecimientos se mantienen en la memoria solo el tiempo necesario –algunos segundos– para detenerse al ver la luz roja o los discos y continuar la marcha al cambiar las señales. La vida humana está repleta de estas situaciones: caras desconocidas que se perciben al parar, bocadillos que se consumen en un cóctel, frases exactas de la página anterior del libro que se está leyendo, palabras específicas de un interlocutor, números telefónicos encontrados en la guía para solicitar un servicio no habitual, etc. Todo eso se guarda en la *memoria inmediata* solo por el tiempo en que los recuerdos son útiles y pertinentes. Una cara, solo mientras la persona decide que no es conocida, pues si lo es, los recuerdos y conductas son otros; los bocadillos, solo mientras decide cuáles le gustan y cuáles no; las palabras exactas, solo el tiempo que demora en generar una representación abstracta de su significado, y el número de teléfono, solo mientras llama.

Estos ejemplos, que pueden multiplicarse hasta el infinito, muestran el carácter pasajero de la memoria inmediata, pero también que esta opera habitualmente sobre conocimientos previos más estables, relacionados con la situación concreta.

Para que el sujeto de estos ejemplos se detenga ante la luz roja, necesita conocer las reglas del tránsito y la forma en que trabajan las luces. Para desechar una cara como desconocida, debe compararla con el banco de datos de las caras que conoce. Para olvidar las palabras del libro que está leyendo, debe entender previamente su significado semántico y la gramática de las frases. Para olvidar los números telefónicos, debe saber qué es el teléfono y qué servicio necesita. Estos recuerdos estables, que dan sentido a la situación y posibilitan que los recuerdos pasajeros tengan propiedades predictivas, constituyen lo que se ha llamado *memoria de largo plazo*. Por supuesto, la

memoria de largo plazo puede operar sin relación con la memoria inmediata. Al conversar con la familia no se necesita comparar cada vez las caras con la base de datos, pues se sabe que son todos conocidos. Cuando se recuerdan acontecimientos biográficos, felices o dolorosos, cuando se responde una prueba, o en una entrevista de trabajo, los conocimientos que se necesitan deben estar ya disponibles en la memoria. Es patente que, en casi cualquier situación, se debe recurrir simultáneamente a conocimientos previos y a información pasajera, pues no existe situación tan simple como para prescindir de unos o de otra.

La memoria de largo plazo necesita tiempo para consolidarse. En la actualidad se conocen bastante bien los dispositivos neurobiológicos y los procesos neuronales que la generan y sostienen. Aunque el paso desde estos procesos a la conciencia que recuerda o reconoce es menos desconocido, se han formulado varias teorías al respecto. En este sentido, es muy interesante la notable diferencia que existe entre *recordar* y *reconocer* conscientemente. En el primer caso, hay una búsqueda activa de la conciencia, que hurga en los depósitos mnésicos. En cambio, el reconocimiento se produce mediante una comparación automática de la cosa, persona, concepto o situación percibida, con la base de datos constituida por las diversas memorias previas. Si a alguien se le solicita recordar la cara de todas las personas que conoce, tiene muchas más dificultades para hacerlo (y puede resultarle imposible si son conocidos lejanos) que para identificarlas, esto es, reconocerlas si las encuentra casualmente. El reconocimiento resulta más fácil si es intencional (incluso para un adulto mayor). Por ejemplo, si alguien asiste a la celebración del aniversario del colegio del que egresó treinta años atrás, encontrará y reconocerá más fácilmente a sus compañeros de curso si tiene la intención de hacerlo. El reconocimiento del significado de una palabra que se escucha o se lee es mucho más eficiente que la búsqueda consciente en la memoria de palabras que representen lo que se desea expresar. Los lingüistas diferencian entre *performance* (lenguaje que se recuerda) y *competencia* (lenguaje que se reconoce).

Mencionamos antes la existencia de una *memoria de corto plazo* distinta a la *inmediata*, que dura algunos segundos, y a la *de largo plazo*, que puede persistir toda la vida. Parece claro que estas últimas (inmediata y de largo plazo) se sostienen en diferentes mecanismos de procesamiento neurobiológico. Solo algunas de las informaciones que constituyen la memoria inmediata son seleccionadas para ser depositadas en el largo plazo. La memoria de corto plazo, que puede durar días o semanas, parece corresponder a informaciones en proceso de consolidación (largo plazo), pero que finalmente fueron desechadas como información de detalle, aunque pueden incorporarse en categorizaciones más genéricas. Un ejemplo puede mostrarlo mejor. Es normal que alguien recuerde lo que almorzó ayer, o aun el domingo pasado, pero al cabo de seis meses le será imposible recordarlo. Esto ocurrirá si las circunstancias de ese almuerzo fueron rutinarias: si almorzó donde siempre y comió lo mismo que acostumbra comer. En cambio, si ese día almorzó con un amigo muy cercano que necesitaba conversar un asunto muy grave, puede recordar tal hecho durante muchos años. Sin embargo, recordará solo algunos aspectos de ese encuentro. Sin duda, el contenido general de la conversación, sobre todo si la gravedad del asunto se reveló posteriormente tan decisiva, que cambió la vida de su amigo (se separó de su esposa, quedó cesante, etc.). Puede que recuerde el lugar, si fue un restaurante especial. Seguramente no recordará la fecha exacta, quizás solo que era invierno y estaba anunciada lluvia, por lo que llevaba paraguas. Tampoco recordará la mayoría de las circunstancias triviales de ese almuerzo: la camisa que se había puesto, la corbata del amigo, la cara del mozo que los atendió. Tal vez recordará lo que comió, pero no los demás platos que les ofrecieron.

Este ejemplo de la vida cotidiana muestra varios aspectos de cómo en la práctica se procesan las informaciones para ser seleccionadas por la memoria de largo plazo. En primer lugar, se evidencia que la memoria es un proceso muy activo y que está constantemente en reconstrucción. El personaje de nuestro ejemplo fijará en su memoria el almuerzo con el amigo, tanto por la gravedad del asunto como porque después de algunas

semanas la situación se hizo insostenible y tuvo un resultado muy significativo, con lo que muchos detalles del almuerzo pasaron de la memoria de corto plazo a la de largo plazo. En segundo lugar, se constata que es necesario profundizar más en el análisis de este tipo de acontecimientos y de su registro estable en la memoria de largo plazo. Sin duda, las razones para seleccionar información y depositarla en este tipo de memoria son de primerísima importancia en el proceso de aprendizaje y en los esfuerzos educativos.

2.2.2. *La selección de la información y el conocimiento*

Los procesos neurobiológicos que transforman en conocimiento estable (memoria de largo plazo, entre otros) la información disponible son muy complejos, pero más o menos bien conocidos. Ahora examinaremos las razones principales por las cuales solo algunas informaciones se depositan en la memoria de largo plazo y se desechan otras. La primera razón para retener por largo tiempo (o a veces toda la vida) algunos acontecimientos, personas, objetos o ideas que se perciben, es el *valor* que se asigna a cada uno de ellos (o a un conjunto en una situación dada). Como hemos visto, hay casi siempre una selección *top-down*, ya en la etapa atencional-perceptiva, que se basa en una disposición inicial que hemos llamado *intencionalidad*, que a su vez se relaciona, cuando es de carácter más general, con la *actitud*, es decir, con la tendencia estable a preferir ciertas informaciones, asuntos, ideas y conductas por sobre otras. La *asignación de valor* es mucho más específica, y se relaciona con la importancia o significado emocional, afectivo o existencial que para cada uno tengan los asuntos que se le presentan. En el ejemplo del almuerzo, el valor del problema discutido (y por eso recordado) depende del cariño y consideración que el personaje principal siente por su amigo. Por eso es importante y significativo para él. En cambio, no recordará años después la separación de una pareja desconocida de la cual se enteró a través del diario, o los problemas laborales de personas que le son ajenas.

El valor que diversas personas asignan a un mismo asunto es distinto, porque su biografía es diferente. La actitud general de un niño o un joven estudiante lo orientará en cierta dirección. En sus aprendizajes, su intencionalidad especificará a qué presta más atención y qué percibe mejor, y sus emociones y afectos asignarán mayor valor a ciertos temas, datos, personas, conductas, etc. No es necesario elaborar mucho para demostrar la tremenda importancia educativa de la asignación de valor como factor clave del depósito de información en la memoria de largo plazo. Debido a su función decisiva en la Neurología del conocimiento, la volveremos a abordar en varios capítulos de este libro.

Se han descrito además otros dos componentes claves en las pautas neurobiológicas que seleccionan información para su depósito mnésico. Ambos están relacionados, pero no son lo mismo. Se trata de la *significación* y la *comprensibilidad* de las múltiples informaciones que disputan su derecho a ser depositadas en la memoria de largo plazo. En el ejemplo del almuerzo con el amigo, es posible que el interlocutor esté familiarizado con ese problema de pareja, por su profesión o su conocimiento de casos similares, y que tenga una comprensión menor de los conflictos laborales. Es evidente que en relación con estos componentes seleccionadores participan además otras facultades mentales. Sin duda, las memorias ya consolidadas, y también la *memoria emocional*.

Es necesario en este punto precisar mejor el sentido de la palabra “significación” que estamos empleando. La teoría que subyace a este término es la siguiente. El conocimiento está, como hemos visto, en constante construcción. Los nuevos elementos que llegan al edificio cognitivo ya construido se incorporan mejor a él si se relacionan o asocian bien con las estructuras ya existentes. Como este tópico, que permite además diferenciar entre “formación” e “ilustración”, es de vital trascendencia en la arquitectura general del cerebro que conoce, volveremos a examinarlo más adelante. El problema es que la palabra “significado” es tan polisémica, que puede ser mal interpretada en este contexto. Es por eso que algunos

prefieren llamar a este factor de selección “familiaridad”, palabra que nos parece menos potente.

De esta manera, se recordarán más y mejor asuntos nuevos que se engranan con conocimientos previos, que informaciones que resultan extrañas e imposibles de asociar con informaciones ya existentes. Las informaciones no “familiares” deben ser especiales para ser seleccionadas, y lo serán precisamente porque se les asigna valor. Del mismo modo, se recordarán mejor (se depositarán en la memoria de largo plazo) asuntos, datos o informes que se entienden, que aquellos que no se comprenden.

Este punto es, por cierto, muy importante en el aprendizaje escolar, y los currículos progresivos lo tienen en cuenta. Ambos factores (significación y comprensibilidad) se basan en la manera en que se constituyen las redes neuronales, a partir de lo que hemos llamado su *plasticidad*. Neurobiológicamente, es más fácil introducir modificaciones menores en redes y sinapsis que se reconocen como “familiares”, que nuevas informaciones muy distintas a su estructura y organización previa. Por su parte, resultan más “comprensibles” informaciones que sean reconocibles como tales por las redes neuronales ya establecidas. Hace falta, sin embargo, una última palabra sobre los procesos neurobiológicos que se relacionan con el depósito de información en la memoria de largo plazo.

A las condiciones en que se produce la plasticidad cerebral, y a su papel en el aprendizaje, debe agregarse un interesante dato adicional. Hoy parece claro que los diversos procesos que realiza la memoria (generalizar, definir categorías y otras formas de representación, además de fijar en la memoria de largo plazo las nuevas informaciones con valor y significación) se producen durante el sueño. Durante muchos años, el fenómeno onírico fue motivo de las más amplias especulaciones. Desde las mágico-religiosas, que sostienen que durante el sueño el alma vaga y puede llegar a los dioses, hasta las hipótesis freudianas sobre las simbolizaciones de represiones que aparecen en el soñar. La explicación actual del dormir y el soñar es biológicamente más comprensible. Es necesario dormir, esto es, estar sin

conciencia, para dar tiempo al cerebro para organizar y reorganizar sus memorias. Esto se parece a la razón por la cual los bancos no atienden público mientras arreglan sus cuentas, o las bibliotecas se cierran mientras su personal clasifica y ordena los libros y documentos. La etapa del dormir llamada REM (movimientos rápidos de los ojos) parece estar dedicada al ordenamiento y reconstrucción de la mayor fuente de información de los humanos, que es la visual. Los sueños serían el resultado de inesperados y eventualmente indebidos ingresos de la conciencia superficial en la fábrica del cerebro, en el momento en que cataloga, reorganiza y produce nuevas conexiones de las memorias entre sí y con otros procesos. Como la conciencia ingresa cuando los materiales, informaciones, etc., están siendo procesados y no se encuentran aún ordenados, el sueño resulta fantástico, atrabiliario o incoherente. No está claro por qué y cómo ingresa la conciencia, pero es evidente que se relaciona con preocupaciones e intenciones existentes en la vigilia.

2.2.3. *Las memorias según sus contenidos*

La Tabla 3A registra las clasificaciones más habituales de las memorias, incorpora en conjunto aquellas que caracterizamos según su duración, y las que se distinguen tanto por sus contenidos como por el acceso que a ellas tiene la conciencia. Estas últimas, llamadas *declarativas o explícitas*, son las más conocidas y las que más se mencionan en los textos corrientes de Psicología educacional. Son muy importantes, pero quizás no tanto para la vida humana habitual como las *implícitas*, llamadas así porque solo se manifiestan en las conductas, dado que se refieren más a procedimientos que resultan de aprendizajes cuyos contenidos y estructuras operacionales son organizados por formas innatas de procesamiento. El autor de esta obra prefiere la clasificación de la Tabla 3B, porque allí se incorpora el concepto de memoria *genérica*, que a su juicio recoge mejor el modo como las informaciones ingresadas en la memoria se generalizan y categorizan para servir de sustrato u origen de una serie de tendencias, preferencias, creencias,

deseos, actitudes e intenciones de la persona. Esto explica las conductas humanas más apropiadamente que las informaciones concretas que guarda la memoria declarativa o explícita. Si uno concibe el aprendizaje como un proceso que no solo deposita informaciones (ilustración), sino también capaz de incorporar hábitos, actitudes e intencionalidades orientadas de un modo y otro, que se manifiestan en conceptos, visiones y representaciones de la realidad (y del sí mismo), estamos hablando de “formación”, esto es, organización de la mente y las conductas, más que de la mera información, que solo ilustra.

Tabla 3A
Taxonomía tradicional de la memoria

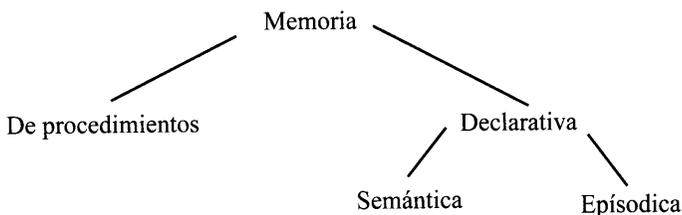
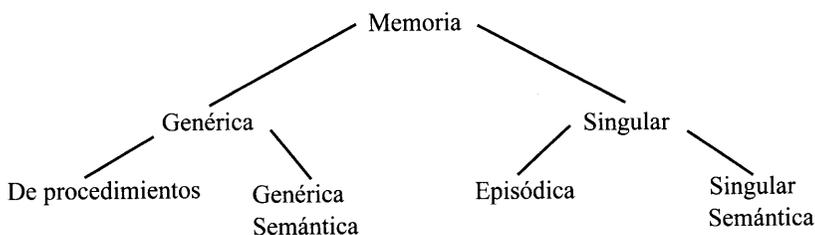


Tabla 3B
Taxonomía de la memoria propuesta



Fuente: Goldberg, Elkhonon. *La paradoja de la sabiduría. Cómo la mente puede mejorar con la edad*. Crítica, Barcelona, 2006, pág. 151.

Dado que anteriormente hemos reiterado, desde distintos ángulos, la importancia de los aprendizajes familiares y grupales en la incorporación de cada cual a su cultura y subcultura, no insistiremos aquí en ello, sino solo para indicar que los conocimientos así obtenidos corresponden más a la memoria

implícita que a la declarativa. Pero el problema no es solo determinar cuál descripción de las memorias es más apropiada, sino sobre todo averiguar los efectos que una y otra producen en los esfuerzos deliberados de transmitir conocimientos (lo que llamamos *educación*). Una subestimación de las memorias implícitas puede llevar al estudiante a una mala "formación", por carecer de los conocimientos, habilidades (motoras y mentales) y contextos implícitos necesarios para una vida próspera y socialmente bien integrada. Es posible que nuestra desatención educativa a los conocimientos, conceptos, ideas o rutinas implícitas se deba a que su enseñanza es mucho más compleja: requieren técnicas pedagógicas no bien conocidas, y son más difíciles de evaluar y calificar a través de notas, exámenes, etc. De hecho, las únicas organizaciones que en la historia humana han tenido clara la necesidad de transmitir conocimientos implícitos, son las organizaciones religiosas y las militares. Se puede estar en desacuerdo o no con sus fines y creencias, pero sus buenos resultados en relación con tales fines y creencias son muy potentes. Es evidente que muy pocas instituciones de enseñanza hacen hincapié en difundir, estimular e incorporar, más que saberes explícitos abstractos, conductas que se sustentan en conocimientos o memorias implícitas, como lo hacen las mencionadas organizaciones.

Basta mirar los cuadros indicados para entender las memorias declarativas o explícitas. Ellas consisten en recuerdos conscientes, formulables a través del lenguaje, en los cuales pueden distinguirse aquellos que se refieren a acontecimientos, personas, cosas, etc., que fueron importantes en la biografía, en las experiencias de cada cual, de aquellos que no son producto de las propias experiencias, pero que tienen valor e importancia general para el funcionamiento personal en el mundo. Así, en la memoria declarativa llamamos *episódica* a la que se refiere a las propias experiencias biográficas, que por su valor y significación forman parte de la memoria de largo plazo. Las memorias episódicas tienen además la posibilidad de ser ubicadas en un cierto momento (*memoria temporal o de fechas*), en un cierto lugar (*memoria de espacios vividos*), y pueden

vincularse o relacionarse con otros acontecimientos. Por ejemplo, un joven conoció a su actual pareja en tal fecha y en tal lugar, mientras asistía al baile de fin de año del colegio.

La otra forma de memoria declarativa es la así llamada *semántica*. Se refiere a informaciones no personales pero importantes de conocer en el medio en que uno vive. No tiene sentido recordar cuándo, dónde y cómo uno aprendió que Buenos Aires es la capital de Argentina, o que Prat era el capitán de la Esmeralda, o quién es el presidente de Chile. Muy rara vez la memoria semántica puede ubicar el tiempo o el lugar donde se adquirió. Puede ser que uno recuerde cuándo y cómo supo que Tallin era la capital de Estonia, porque ello ocurrió en un viaje de muy gratos recuerdos que hizo a los países bálticos. En este caso, el recuerdo es mixto. No recuerda quién mencionó primero a Tallin (memoria semántica), pero recuerda bien que es la capital de Estonia, porque estuvo ahí. En cambio, como no ha viajado a Lituania, no recuerda su capital, aunque la ha oído mencionar.

Este ejemplo muestra que, a pesar de que ambos tipos de memoria son diferentes, la semántica se refuerza con la episódica cuando ambas se refieren a la misma situación, o se relacionan de algún modo con acontecimientos personalmente significativos. Esta forma de evocación es un muy poderoso instrumento pedagógico, sobre todo si tenemos en cuenta que la mayor parte de los conocimientos que transmite la escuela son de carácter semántico. De allí que el aprendizaje participativo, en el que el dato semántico se articula con alguna experiencia personal, es neurobiológicamente más eficaz que el aprendizaje pasivo. Eso lo saben todos los estudios y carreras que incorporan en su enseñanza trabajos prácticos que implican experiencias personales; tales experiencias contribuyen a fijar mejor la información semántica, que se valora menos si no se siente como propia.

Digamos algunas palabras adicionales sobre la memoria implícita (también llamada *de procedimiento*), cuyos diversos tipos se pueden ver en la figura anterior. En este caso, la necesidad de la práctica es aún más imperiosa que para la memoria

declarativa semántica. Obviamente, la episódica es siempre concreta. Los ejercicios espirituales de los jesuitas, escritos por San Ignacio de Loyola a comienzos del siglo XVI, son un ejemplo de cómo es posible adquirir saberes muy abstractos a través de ejercicios prácticos, en este caso mentales. En el mismo sentido se sabe que no es posible enseñar conductas éticas, sino comportamientos morales. La ética es una rama de la filosofía que se puede aprender semánticamente leyendo, por ejemplo, la *Ética a Nicómano*, de Aristóteles. Así, uno sabrá qué pensaba Aristóteles sobre las distinciones entre el bien y el mal. Pero si uno quiere enseñar conductas moralmente buenas, debe utilizar ejemplos prácticos que el que aprende valore emocionalmente, además de entender su pura significación cognitiva.

Otro tipo de memoria es la *memoria de trabajo*. La examinaremos con más detención en los capítulos finales de este libro, en relación con los procesos ejecutivos, en los cuales cumple una función muy importante. Aquí la veremos muy brevemente, pues se encuentra en la mayor parte de las clasificaciones de memorias.

La *memoria de trabajo* es la capacidad de recuperar y “poner en línea” informaciones ya existentes, con el fin de hacerlas disponibles para el cumplimiento de alguna tarea o meta. En el conjunto de estas informaciones se incluyen, según el caso, memorias explícitas e implícitas. A veces, la memoria de trabajo aparece en las clasificaciones como parte de la memoria inmediata, porque es en general de muy corta duración, pero no es lo mismo que esta. El ejemplo del conductor detenido ante un disco “Pare” puede servirnos para señalar sus características. Como se recordará, el conductor debió mantener en su memoria inmediata la existencia del disco, por lo que se detuvo. Dijimos, sin embargo, que lo hizo porque tenía además en su memoria las reglas del tránsito y las sanciones por no cumplirlas. Para cruzar la calle, que es de doble tránsito, debe asegurarse de que no venga un vehículo, primero de un lado y luego del otro. Pero supongamos que en este caso ve venir un automóvil a cierta distancia. Puede tomar la decisión de avanzar o no avanzar, pero para eso debe considerar una

serie de circunstancias: si la velocidad del otro automóvil no es mucha, si la potencia de su auto es suficiente, si ha llovido y el suelo está húmedo, si tiene algún vehículo a su lado, si está apurado o no, etc.

Si uno examina uno por uno los datos que el conductor debía tener presentes simultáneamente o en línea para tomar la decisión de avanzar o no avanzar, debe sumar muchos que son esenciales para la decisión. Algunos están depositados en la memoria de largo plazo: reglas del tránsito, la hora en que debe llegar a su destino, el tiempo que demora el trayecto. Otras informaciones dependen de la memoria inmediata: la presencia y velocidad del otro auto, la potencia del suyo, su posición respecto del que está a su lado, el estado de la calle. Es notable que para tomar una decisión tan simple debe tener disponible en la así llamada memoria de trabajo toda la información que hemos anotado, y a veces alguna más (puede ir con un hijo pequeño, o estar retrasado para una reunión decisiva, etc.).

Por su importancia fundamental en la vida de cada cual y en las estrategias de aprendizaje, más adelante volveremos a la memoria de trabajo, pero ubicada dentro de las facultades mentales a las que pertenece, es decir, a la capacidad ejecutiva de tomar decisiones.

2.3. El procesamiento cerebral de las memorias

No es tarea fácil hacer un resumen de los dispositivos neurológicos que participan en la incorporación, depósito y recuperación de informaciones sobre el mundo y uno mismo. Como hemos insistido, el ingreso de la información está mediado por los sistemas perceptivos y atencionales, y los procesos de recuperación, por los dispositivos ejecutivos, es decir, por aquellos encargados de programar tareas, con sus metas y submetas correspondientes. Dado que ellos activan conductas, siempre la recuperación de información está determinada por su uso. Esto es así aun cuando se utilicen recuerdos para elaborar o imaginar fantasías, puesto que tal elaboración siempre

tiene un propósito conductual, aunque sea tan insignificante como pasar un rato entretenido (o penoso) a solas. Como este último proceso –recuperar información para servir conductas orientadas a metas– se verá en capítulos posteriores, y el ingreso perceptivo fue analizado en el capítulo anterior, al tratar el funcionamiento conjunto del cerebro (secuencialidad, integración multi y supramodal de estímulos, etc.), ahora solo examinaremos los dispositivos neurobiológicos destinados al depósito y organización de la información. Por otra parte, dado que los procesos neurales más elementales (redes, sinapsis, etc.) fueron también resumidos en el capítulo 1, especialmente al referirnos a la plasticidad y su papel en el aprendizaje (otra forma de expresar “depósito y organización” de información), en lo que sigue tampoco haremos referencia a ellos.

Los problemas más importantes en este sentido (depósito y organización de la información) son dos:

- Qué procesos cerebrales definen cuál información tiene mérito y valor suficiente como para pasar de memoria inmediata a memoria de corto y largo plazo, especialmente de este último tipo.
- Cuáles son los procesos cerebrales que organizan y estructuran las informaciones, originando generalizaciones, categorías, y aun deseos y creencias estables.

La construcción de memorias de largo plazo, explícitas o implícitas, no parece incorporar informaciones que no hayan sido inicialmente memorias inmediatas, excepto las “informaciones genéticas”, que siempre operan de modo implícito. Las memorias inmediatas se mantienen durante pocos segundos, a través de redes neuronales que se constituyen y activan en las regiones corticales. Algunas de esas regiones son puramente sensoriales y perceptivas (se debe recordar durante 1 o 2 segundos un color, una forma, un sonido, un olor); otras procesan asociaciones supramodales, por lo tanto de mayor nivel y complejidad, que se activan según los principios *bottom-up* o *top-down* que vimos en el capítulo 1. En estos casos estamos hablando de recordar y, eventualmente, reconocer caras, objetos,

su posición y significación, frases musicales o textuales, porque para entender una música o un discurso o un texto hay que recordar trozos previos, o las ideas sonoras o conceptuales a las que los sonidos y los textos transportan. En estos casos estamos hablando de recordar y, eventualmente, reconocer caras, objetos, su posición y significación, frases musicales o textuales, porque para comprender una música, un discurso o un texto, hay que recordar trozos previos, o las ideas sonoras o conceptuales a las que los sonidos y los textos transportan. En los últimos dos ejemplos se activan circuitos reverberantes muy complejos, que incorporan regiones corticales “dedicadas”, relacionadas con percepción, emociones, racionalidad, etc., y que a su vez remiten a conocimientos previos. Sin embargo, como hemos insistido, estas redes reverberantes no son solo activadas *bottom-up* por los estímulos externos al cerebro (desde el punto de vista *top-down*, el propio cuerpo es externo), sino también, principalmente, por estímulos “intencionales” provenientes de los largos axones prefrontales. Esta somera descripción significa que, prácticamente en cualquier región del cerebro y en cualquier forma de arreglos interregionales, se pueden constituir los circuitos (redes) reverberantes que mantienen, por escasos segundos la información contenida en la memoria inmediata.

Llamamos consolidación de la memoria a los procesos que constituyen y establecen memorias de largo plazo. En este sentido, hay una región cerebral de importancia extrema, que no hemos mencionado hasta aquí. Se trata del hipocampo, que es parte del sistema límbico y que participa central y críticamente en la construcción de la memoria de corto y, sobre todo, de largo plazo, pues, como hemos visto, la memoria de corto plazo es de algún modo una memoria de largo plazo que no llegó a serlo porque no tuvo reiteraciones que le agregaran suficiente valor y significación. Para cumplir su tarea, el hipocampo recibe información (estímulos neuronales) de todos los circuitos reverberantes y sus activadores *bottom-up* y *top-down*, pero esa información es desechada si no alcanza el valor emocional o la significación cognitiva necesaria. En este sentido es crítica la conexión del hipocampo con los sistemas neuronales que

procesan la emoción y asignan valor y con las regiones prefrontales que otorgan significación. De esta manera, el hipocampo no es en sí mismo parte de los dispositivos que mantienen la memoria inmediata, pero “sabe” de ellos, porque su acción consiste en la transformación de esta en memoria de largo plazo. Cuando ciertos pacientes pierden el hipocampo (rara vez bilateralmente), mantienen la memoria inmediata, pero no tienen de largo plazo. Sin embargo, son capaces de recordar bien informaciones y acontecimientos ocurridos poco antes del accidente o la cirugía que los privó de su hipocampo. Esto se debe a que las memorias consolidadas de largo plazo se depositan en las mismas regiones dedicadas de la corteza, los núcleos de la base y el cerebelo, según el caso, que procesan la manifestación de las correspondientes facultades, competencias o habilidades mentales. Es sorprendente además que, aunque los pacientes no dispongan de memoria declarativa de largo plazo, mantienen competencias que implican memorias implícitas, y conservan por corto tiempo la memoria de situaciones con alto impacto emocional (un dolor provocado por su médico o sus asistentes). Estos hallazgos clínicos, comprobados experimentalmente, nos dan pistas para entender la Neurología de la memoria de largo plazo.

La consolidación de la memoria declarativa de largo plazo requiere el hipocampo incluso cuando la información específica se hace parte de las estructuras neurales de la corteza cerebral que procesa tal información. Es por esto que los pacientes con daño en el hipocampo no aprenden, pues no pueden consolidar la nueva información. Tienen recuerdos anteriores al accidente, porque esos recuerdos están en las cortezas correspondientes, que se encuentran indemnes. Pero hay un plazo anterior (meses, hasta 1 o 2 años) del que tampoco hay memoria. Ese es el tiempo que media entre el ingreso de la información y su consolidación. Y como en este caso el trabajo de consolidación no ha concluido, esos datos se pierden.

Durante el proceso de consolidación se entabla un largo y reiterado diálogo entre el hipocampo y las cortezas correspondientes, que recoge los refuerzos y modificaciones que

sucesivamente se van produciendo, para construir una versión del mundo (memoria semántica), siempre sujeta a alguna variación, y organizar los datos biográficos que constituyen la memoria declarativa episódica. Pero son la corteza y los correspondientes núcleos de la base los que procesan la información, estructurando generalizaciones, clasificaciones, categorías y conceptos, del modo dinámico y flexible que comentamos en este y otros capítulos.

La memoria implícita, más primitiva, se asienta sobre todo en los núcleos de la base y el cerebelo, pues estos están funcionalmente más cercanos a las operaciones motoras que se traducen en conductas, a través de las cuales se manifiestan las memorias implícitas. Aquí, el diálogo no es solo entre hipocampo y corteza. Ahora se sabe que lo que llamamos “habilidades superiores”, también necesarias en la cognición, incluyen tales regiones subcorticales. Un caso especial es la memoria de la emoción (el dolor que se sintió), que se procesa con participación del circuito amigdaliano, que veremos en el próximo capítulo. La memoria emocional (las circunstancias en las que el dolor se produjo) es parte de la memoria declarativa. Estos arreglos explican por qué los pacientes con daño en el hipocampo pueden tejer, conducir automóviles, etc., pues son conductas que utilizan memorias implícitas. También explican por qué pueden hablar, reconocer colores y caras, pues se trata de recuerdos y habilidades consolidadas muchos años antes.

CAPÍTULO 6

LA OTRA FORMA DE SABER: LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS

Tradicionalmente, las *emociones* han sido tratadas con un cierto desdén. Filósofos, teólogos, pensadores y científicos, tanto de la Antigüedad como especialmente de la época de la Ilustración, las consideraban como factores que dificultan una vida virtuosa, o que separan del verdadero *conocimiento*, que por su naturaleza es siempre y necesariamente racional. Aun los artistas, sobre todo en el Renacimiento y en el Barroco, evitaban mencionar las emociones como parte importante de sus impulsos creadores, prefiriendo llamarlas “inspiración”, o cualidades estéticas que acercan al autor con su público. Cuando las emociones llegaban al nivel de la pasión, se destacaba su papel efecto obstructivo de la vida personal, familiar y social. (Pasión por el juego, las bebidas alcohólicas, las mujeres, las aventuras o los negocios turbios, etc.). Así, las imágenes platónicas de los impulsos, como caballos desbocados que solo el conductor (la razón) puede guiar, los pecados capitales del Medioevo, hasta el racionalismo cartesiano y las pulsiones freudianas, fueron manifestaciones del temor que se tenía por el imperio de lo emocional. Incluso, dado que se pensaba que las mujeres eran más proclives a ser dominadas por las pasiones, se consideraba lógico desconfiar de ellas, y subordinarlas a la autoridad masculina.

Había varias razones en las que probablemente se fundaban estas creencias de menosprecio histórico de las emociones y los *sentimientos*, y la consiguiente exaltación de la *racionalidad* como característica definitoria de los seres humanos. La primera era

una consideración metafísica (es decir, un modelo o representación abstracta) de lo propiamente humano como enteramente distinto del mundo animal, porque se suponía erróneamente que los animales carecen de racionalidad. Luego, una cierta ceguera sobre el valor de los afectos y sentimientos en la vida cotidiana de las personas y los grupos sociales. Por último, un total desconocimiento del papel y significación biológica de las emociones. Recordemos que el primer acercamiento propiamente científico a este tema fue el de Charles Darwin en su texto “La expresión de las emociones en los animales y el hombre”, que resume décadas de observación, registro y comparaciones. Ahora se ha llegado a un punto tal, que puede sostenerse con propiedad lo que indica el título de este capítulo: *las emociones son la otra forma de saber sobre el mundo y sobre sí mismo*.

Si examinamos con detención las llamadas *emociones fundamentales*: miedo, rabia, tristeza, alegría, repugnancia y sorpresa, podremos ver que todas implican una forma particular de representarse el mundo o de representarse a sí mismo. Una persona tiene miedo de algo o de alguien porque supone (sabe o espera) que puede causarle un daño. Cuando una situación produce bienestar, gratificación, alegría, risa, etc., se la busca activamente, porque se sabe que complace. Igual ejercicio se podría hacer no solo con cada una de las emociones fundamentales, sino también con las *emociones derivadas*, que amplían y adjetivan el campo de las fundamentales. Del miedo se derivan la intranquilidad, el temor, el pánico, la fobia, etc. De la tristeza, el malestar, la pena, la angustia, la depresión, etc. En la Ilustración 13 se mencionan las *emociones básicas* y las derivadas. Pero esta clasificación admite cambios. Hay quienes eliminan de este listado la repugnancia y la sorpresa. La sorpresa es, por supuesto, la reacción a lo inesperado, a lo no previsto, con lo que puede afirmarse el papel de las emociones en las predicciones, dado que una emoción es capaz de discernir lo previsible de lo no previsible. Los psicólogos evolucionistas insisten en la importancia de la repugnancia (asco o *disgusto*), porque antes de la existencia de los refrigeradores y en climas tropicales, permitía evitar el consumo de alimentos en mal es-

tado. Esta misma razón –no ingerir sustancias tóxicas– daría cuenta de la acentuación de la repugnancia en los primeros meses de embarazo, como forma innata de proteger al feto en el crucial tiempo de la morfogénesis (formación de los órganos). Tampoco hay acuerdo sobre si se deben incorporar como emociones las tendencias instintivas más fundamentales: evitar el dolor, hambre, sed, impulso sexual.

1. QUÉ SON LAS EMOCIONES

Sin duda, las dificultades taxonómicas respecto a las emociones se deben a que son dispositivos neurobiológicos *muy primitivos*, y además *muy complejos*. Son primitivos, pues sus orígenes pueden rastrearse en unicelulares atraídos por gradientes de luz u oxígeno, que son capaces de “sentir”. También entran en esta categoría del sentir las ferhormonas que estimulan conductas en los insectos sociales, y en las relaciones predador-presa. Así cabe preguntarse: ¿qué “siente” el león cuando ataca a la gacela que huye?, o ¿qué ocurre en sus organismos cuando deben atacar o huir? Este último caso ejemplifica los complejos componentes de las emociones, también de las humanas.

Las emociones están claramente constituidas por tres componentes:

- Un *sentimiento*; es decir, una sensación interna que se desencadena por el estímulo. Para el león, la visión o el olfato de una gacela. Para la gacela, la percepción del león.
- *Cambios corporales* necesarios para aprovechar la oportunidad (el león) o evitar el peligro (la gacela). Estos cambios pueden ser, por ejemplo, aumento del ritmo cardíaco, de la presión arterial, tensiones musculares, aceleración respiratoria, etc. Son específicos para cada emoción, cada circunstancia y cada especie. Pero cada individuo, grupo o cultura enfrenta muchas situaciones similares que desencadenan respuestas emocionales, y esas respuestas pueden irse “mejorando” y especificando. Esto significa “aprendizaje”.

- Una *conducta apropiada*, en general predeterminada, pero modulada por el aprendizaje para enfrentar el problema que ha provocado la emoción. Correr y atacar el cuello de la gacela será la conducta del león. Correr, saltar y escapar, la de la gacela.

Estos tres componentes, que se constatan en el anterior ejemplo del mundo animal, se dan también en las emociones humanas. Una persona recibe la noticia de la muerte de un ser querido. Siente pena (un sentimiento), se pone pálida, llora, se desvanece, es decir, sufre cambios corporales en su sistema autónomo, por lo que le baja la presión, se estimulan las glándulas lagrimales y los músculos de la cara, etc. Luego, ejecuta conductas apropiadas en su medio social: corre a ver a la familia, abraza a los parientes cercanos, etc. De esta manera, para tener una idea correcta de qué son las emociones, debemos considerar sus tres componentes. Cuando los estímulos que provocan la emoción son repentinos, esos tres componentes aparecen simultáneamente. En cambio, ennales sostenidas, pueden aparecer disociados, aunque corrientemente no es así. Si uno observa, por ejemplo, a quien padece una cesantía prolongada, pueden ser más notorios los sentimientos que le provoca su situación (temor, rabia, tristeza); pero además tiene habitualmente trastornos corporales acompañantes: baja de peso, duerme mal, aparecen úlceras gástricas o infecciones, y aun cáncer, por el efecto de la pérdida sobre su sistema inmunológico. Las conductas que se generan en este caso tienen, por supuesto, un componente racional consciente que actúa como “disparador” (tal como la visión de la gacela para el león): necesita trabajar para mantener a su familia; pero también un fuerte componente emocional, que a veces interfiere con las estrategias racionales para conseguir trabajo: descuido en la apariencia y en la ropa, inhibición de acudir a ciertas personas que podrían ayudar, etc. En los niños y jóvenes educandos pueden darse estos mismos fenómenos. Una familia desavenida o tóxica puede generar, además de la angustia, desinterés por los estudios y conductas poco atinadas. Un ambiente escolar poco

estimulante y agresivo, o problemas con los compañeros de estudios, o con amigos externos, también generan emociones y estados de ánimo que dificultan el aprendizaje.

Hemos usado varias palabras para describir las emociones en general: emoción, sentimiento, afecto, estado de ánimo. A ellas podría agregarse el apego, como el que se produce entre hijo y madre, y que en ciertos casos es análogo al amor existente en una pareja, o a la relación afectiva que se genera entre buenos amigos.

2. LOS DISPOSITIVOS NEUROBIOLÓGICOS DE PROCESAMIENTO DE LAS EMOCIONES

Respecto a los *dispositivos neurobiológicos de procesamiento de las emociones*, se han descrito a lo menos cuatro redes, circuitos o sistemas neuronales, que procesan diferencialmente distintos tipos de emociones. El *circuito amigdaliano*, centrado en un núcleo (la amígdala) del lóbulo temporal, en una región perteneciente al sistema límbico, procesa, a través de conexiones muy extensas con otras regiones cerebrales, las emociones más defensivas y agresivas, como el miedo y sus variedades (pánico, etc.), la rabia y sus diversos tipos (Ilustración 13). El *circuito del apego* procesa la mayor parte de los sentimientos sociales positivos, como como la relación madre-hijo, la empatía, el cariño, el amor de pareja y similares. No es solo un circuito estructural y anatómicamente dedicado (ínsula, cíngulo); funciona también con neuromodulares específicos (oxitocina y vasopresina), ya mencionados en los capítulos 1 y 2.

La búsqueda incesante de distintos tipos de logros es una característica neurobiológica central de los cerebros animales y humanos. Los objetivos y metas que se buscan son muy variados, y, como hemos visto, anticipan o predicen futuros esperados. Pueden ser inmediatos o de corto plazo, y de muy largo plazo en el ser humano. Lograr esos objetivos y metas es una fuente de satisfacción, y en consecuencia un motor (o más bien “el” motor) de las *conductas proactivas*. Como también hemos

Ilustración 13

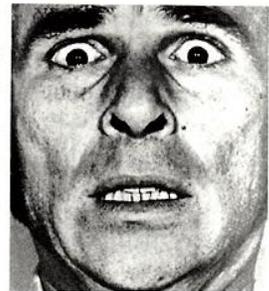
La expresión de las emociones fundamentales en el ser humano



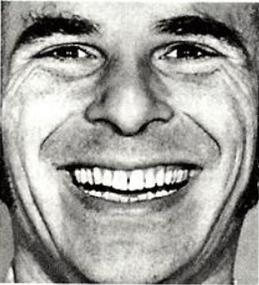
Ira



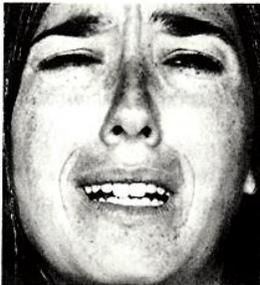
Repugnancia



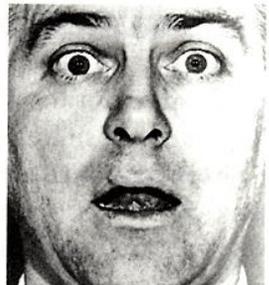
Miedo



Alegría



Tristeza



Sorpresa

Fuente: Smith, Edward E. y Kosslym, Stephen M. *Procesos cognitivos: Modelos y bases neurales*. Pearson Education, S.A., Madrid, 2008, pág. 346.

visto, las metas pueden ser muy concretas (ganar el campeonato, alto puntaje en la PSU, seducir a una pareja), o abstractas y lejanas, como obtener prestigio y reconocimiento, ser un profesional exitoso, etc. Llegar a la meta deseada produce placer, y a veces orgullo (ser el primero de la clase, haber obtenido el Premio Nobel, etc.). Pero también la propia meta puede ser en sí misma placentera. Esto es evidente en las pulsiones instintivas básicas, como saciar el hambre o la sed, la satisfacción sexual, etc. A esto se agregan los actos y ceremonias concretas de reconocimiento y premiación, que todas las culturas conocidas desarrollan. Al estudiante le gustó ser el primero del curso, pero lo emocionó la ceremonia en la que le entregaron el premio, fue elogiado por las autoridades y recibió los aplausos de

los asistentes. Sin duda, estas consideraciones pueden aplicarse a los procesos educativos. Reconocer, premiar, celebrar a los alumnos (y a los profesores) es una muy poderosa herramienta neurobiológica para generar conductas proactivas.

Existen *circuitos de la gratificación, la satisfacción y el placer* especializados en procesar estas emociones. Estos sistemas disponen de procedimientos para modular los tipos e intensidades de la satisfacción y el placer. Todas las variedades de satisfacción (más abstractas, más concretas, inmediatas o de largo plazo) estimulan centros neuronales del sistema límbico y del hipotálamo, que operan mediante un neuromodulador especializado, la dopamina, que conocimos anteriormente. El nombre periodístico de estos sistemas neuronales es “centros del placer”, lo cual es una caricatura de la complejidad que apenas hemos esbozado. Probablemente, la razón de este interés de los medios se encuentra en que ciertas drogas que producen adicción actúan en estos circuitos, en particular la cocaína y la heroína.

Los circuitos de la angustia, la tristeza, la depresión y la apatía, que procesan estos sentimientos y estados de ánimo, son algo menos precisos, y más extensos. Los sentimientos más positivos o equilibrados son procesados especialmente en regiones frontales izquierdas, por la acción de la serotonina, neuromodulador que ya mencionamos. Su cambio a la baja produce depresión; si se eleva indebidamente, lleva a la euforia y a la manía. Por su parte, las conductas proactivas (y también sus variedades agresivas) se acompañan de sensaciones y sentimientos de empuje, energía, valentía, que provocan y sostienen las acciones que requieren mucha actividad física o mental. En estos casos, entra en acción el neuromodulador llamado noradrenalina.

Recordemos el arreglo neuroanatómico de los moduladores. Sus neuronas se agrupan en núcleos en regiones basales (tronco cerebral y cerebro medio), pero sus axones se distribuyen por toda la corteza, con lo que influyen, al mismo tiempo, todo el manto cortical. De esta manera, la activación (o inhibición) de los núcleos neuronales correspondientes tiene efectos conjuntos (el mismo tono emocional o estado de

ánimo, por ejemplo) sobre prácticamente todos los procesamientos dedicados o especializados (memoria, lenguaje, procesos ejecutivos, etc.).

De algún modo, este recuento es demasiado positivo, pues remarca las emociones, sentimientos y conductas que surgen al alcanzar un objetivo, al lograr una meta, al saciar un apetito. Esto no siempre es así; con mucha frecuencia, los deseos no se cumplen, las metas se demuestran inconvenientes o imposibles, los reconocimientos no llegan, la pareja traiciona, el amigo nos estafa, etc. Ocurren eventos o situaciones inesperadas que generan problemas de difícil solución. También en estos casos negativos, demasiado frecuentes, como todos sabemos, se despliegan las emociones correspondientes, con los cambios corporales, los sentimientos y las conductas que parecen apropiadas.

Así, se manifiestan la vergüenza, la envidia, los celos, el desánimo, el odio, la rabia, la angustia, el despecho y todas las demás emociones y sentimientos explorados y simbolizados por la literatura, la música, el teatro, la pintura, etc.

En los párrafos precedentes nos hemos alejado de las emociones primarias, aun cuando podrían rastrearse como fundamento de la enorme variedad de emociones secundarias. Estas últimas, que especifican, detallan, articulan y se suman a las primarias, revelan que *los dispositivos neurobiológicos que las procesan no están aislados, y que operan siempre integrados con otras funciones y redes neuronales*. Recordemos las integraciones intermodales y supramodales, los procesamientos paralelos, las retroalimentaciones y las influencias *top-down*. Las conexiones de los centros o circuitos dedicados a las funciones emocionales con otros centros o circuitos son muy extensas. Es el caso de la corteza perceptiva, pues las emociones deben evaluar o valorar la información que llega o se busca. La corteza prefrontal orbitaria debe evaluar si la conducta emocional que se le propone es adecuada o no, en relación con objetivos y metas más importantes, o si cumple ciertas normativas legales o morales. Las conexiones con la memoria son muy fuertes (recuérdese que ambas, memorias y emociones, son procesadas por el sistema

límbico, y que existe una memoria de las emociones). Por último, los circuitos emocionales se conectan con aquellos módulos encargados de la acción: el hipotálamo, que induce cambios corporales endocrinos y autonómicos, y la corteza premotora y los ganglios basales, que organizan la motilidad implicada en cualquier conducta. Es notable el comportamiento de un núcleo hipotalámico (supraóptico) en el que algunas de sus neuronas aumentan su número según se alcance o no una posición dominante en el grupo.

A este respecto cabe señalar que las emociones pueden inducir conductas directamente, sin participación de la corteza reflexiva o racional: la huida inmediata frente a un peligro, salvar la vida de un ser querido, el ataque a un agresor (o que se siente como agresor). Esta posibilidad se debe a la existencia de vías de comunicación directa entre los módulos perceptivos y la amígdala, y directamente desde esta a los módulos que activan cambios corporales y conductas, por lo que la información no pasa por la corteza. La corteza percibe la conducta ya en operación, por lo que solo puede realizar un examen a posteriori, y a partir de ahí las modificaciones necesarias a los actos en curso.

3. LA EMOCIÓN, EL LENGUAJE Y EL APRENDIZAJE SIMBÓLICO-EXPRESIVO

Las *conexiones entre emociones y lenguaje* son muy importantes. Ocurren en los distintos niveles o etapas de los actos del habla, pero confluyen en lo que hemos llamado saberes simbólico-expresivos, que veremos en detalle en un capítulo posterior. Entre esas conexiones están las siguientes:

- La percepción inicial de los contenidos emocionales en el habla escuchada, cuyas tonalidades y prosodia pueden transmitir rabia o dulzura, pasión o desinterés, etc.
- El análisis semántico de las palabras (groseras, cariñosas, etc.).

- La decodificación del significado del discurso y su valor emocional (seductor, amenazante, etc.).
- La carga emocional de la respuesta que se elabora (se debe enfatizar o no el malestar por lo que se acaba de oír).
- La selección de las frases y palabras que se usarán en un discurso, teniendo en cuenta su valor emocional (complaciente, antagónico, etc.).
- La prosodia, tonalidades que transmitirán sentimientos (enérgico-militar, suave-acogedor, etc.).

Estas conexiones son enteramente desconocidas por el hablante, que solo tiene conciencia de una suerte de resumen general del diálogo (su interlocutor le hizo saber su aprecio por las ideas que expuso con claridad y paciencia). Esta síntesis del intercambio verbal incorpora también la percepción (no consciente), por parte de ambos, de gestos, ademanes y posturas corporales, que forman parte de los procesos comunicacionales, especialmente en su significación emocional y sentimental. La teoría de la mente reconoce componentes racionales y emocionales. Es evidente que, tanto para evaluar como para manifestar los componentes emocionales que se intercambian en un diálogo, los módulos que procesan emociones deben estar conectados con cada uno de los demás sistemas neurobiológicos intervinientes en cada una de las etapas indicadas. Los estudios neuroanatómicos pertinentes han demostrado las conexiones físicas, axoneuronales que existen entre todos y cada uno de los módulos participantes (redes neuronales dedicadas).

El lenguaje tiene otra trascendente relación con la vida emocional, especialmente en lo que se refiere a la educación y a la cultura. Hemos visto anteriormente que, a partir de las emociones primarias, se desarrollan emociones secundarias, que especifican a las primeras y se mezclan con ellas de muchas maneras. Cabe preguntarse, por ejemplo, qué es la vergüenza. Un análisis somero mostrará que tiene varios componentes, emocionales y racionales: pena, tristeza y dolor por el desprestigio que la conducta que provocó la vergüenza puede generar; temor y angustia por la eventual dificultad que esa imagen de

la persona pueda representar para sus planes y metas futuras; arrepentimiento por haber roto normas sociales, legales o morales; rabia consigo mismo por no haber tenido una conducta adecuada; caída en su autoestima por no haber sido capaz de predecir las consecuencias de ese acto, etc. Este ejemplo muestra la cantidad de emociones básicas y secundarias que se entrelazan en el sentimiento de vergüenza. El ejercicio podría repetirse para cada una de las emociones secundarias, cuya construcción es casi solo humana. “Casi”, porque primates superiores muestran –expresan, diría Darwin– ciertas conductas emocionales complejas. Algunas se parecen a la vergüenza, a la envidia, al odio, al sentimiento de omnipotencia o al de menoscabo. Digo “se parecen” porque, como no tienen lenguaje, no pueden expresarlas en palabras, sino solo en gestos, miradas, ademanes y posturas corporales. Al no tener lenguaje, no pueden construir la enorme riqueza de sentimientos que, para ser precisos y consistentes, requieren un nivel superior de abstracción y categorización conceptual, relacionado con el lenguaje y la cultura. Como veremos más adelante, una importante característica biológica del lenguaje es su recursividad, que significa su capacidad de influir *top-down* en capacidades más antiguas, como las emociones. También puede modular percepciones y memorias, y desplegar la racionalidad.

Pero hay emociones derivadas que presentan características muy especiales en grupos culturales o subculturales precisos. En la tríada de elementos que componen las emociones hay componentes que varían mucho entre las culturas, sobre todo los expresivos. Véase cómo manifiestan su rabia los palestinos y los israelitas. Está claro que lo hacen de acuerdo a como lo han aprendido en su propia cultura.

4. LA FUNCIÓN BIOLÓGICA EVOLUTIVA DE LAS EMOCIONES

Hemos sostenido que las emociones, las percepciones, las memorias y las conductas motoras son los dispositivos biológicos

(mentales) más antiguos en la historia de la vida sobre la Tierra. Se hace necesario, entonces, examinar más detenidamente las funciones de la emocionalidad, para comprender mejor las razones de su incesante mejoramiento y desarrollo en el curso de la evolución de las especies, y refutar así las antiguas ideas que la consideraban una molestia, un obstáculo para el buen uso de la razón y el correcto comportamiento moral de los seres humanos.

El núcleo conceptual de la descripción que sigue sobre las *funciones biológicas de las emociones*, es la afirmación de que son una decisiva forma de conocimiento y saber, tanto que en muchas especies inferiores son la única manera de enterarse sobre el ambiente y, por tanto, el fundamento de sus predicciones sobre el mundo y de sus conductas. Tales especies perciben y recuerdan sus ambientes según lo que “sienten” ante determinados estímulos del entorno. Más aún, están genéticamente preparadas para “sentir” mejor algunos estímulos que representan amenazas o posibilidades (de alimentarse, por ejemplo). Los cambios en el entorno no previstos en el genoma, y las reacciones emocionales ante ellos son aprendidas, es decir, depositadas en las memorias, según fueron riesgos u oportunidades. Por ejemplo, los tiburones son capaces de percibir los débiles campos bioeléctricos que producen el metabolismo y el movimiento de las criaturas marinas, pueden elegir las frecuencias de ondas que provienen de los peces que constituyen su alimento, y guiarse por tales campos bioeléctricos para alcanzar sus presas. Por supuesto, tienen además visión y audición, que les permiten percibir los cambios lumínicos y sonoros, y sentir sus peligros o ventajas. No hay aquí ningún aprendizaje cortical o racional; solo captan las características e intensidades de lo que sienten. Esta capacidad, muy inicial, de sentir su ambiente, su propio cuerpo y sus cambios, y recordar el valor de sobrevivencia de esos sentires, es lo que en animales superiores llamamos emociones. En ellos se agregan formas de racionalidad implícita que les permiten elegir caminos apropiados para cumplir mejor ciertos objetivos y metas. Pero ¿cómo definen estas especies más desarrolladas sus objetivos y metas? ¿Qué las

motiva para elegir? En este plano, la arquitectura de las motivaciones, aunque no sus contenidos, es igual para tiburones, especies superiores y humanos. Recordemos que el objetivo de todas las especies vivas es sobrevivir y reproducirse. Para lograr estos fines últimos, cada cual debe estar dotado, en su ambiente específico, de la inclinación, preferencia o deseo hacia lo que se requiere para alimentarse, evitar el peligro, reproducirse y prosperar. También necesita conocer, saber, representarse los constituyentes de su ambiente. Esto significa que cree (porque sabe) que tales peces son buen alimento, que tales árboles son buenos refugios, que tal temperatura es dañina o que tal macho es el adecuado.

Esta arquitectura biológica existe también en el hombre. Tiene *deseos* que se han especificado según sus capacidades y ambientes, y modulado, afinado por la racionalidad y el lenguaje. Es decir, por la cultura y sus tecnologías. Su seguridad y la de su familia es fundamental, por lo que no teme a los tigres (que no existen en su entorno), pero sí a los ladrones; no a los elefantes, pero sí a ser atropellado por un bus. Su alimento no proviene de la recolección y de la caza, sino de lo que gana mediante su trabajo. También tiene *creencias*, no solo religiosas y políticas. También sabe cómo ir a su trabajo, sabe qué debe hacer allí, etc. Sus deseos y creencias definen sus expectativas, es decir, sus objetivos y metas. Esto tiene que ver con las emociones.

Si se analizan con cuidado los deseos y creencias humanas, se comprobará que la mayoría están constituidos por *saberes nacidos de las reacciones emocionales* ante diversos estímulos. Puede decirse que las tres elecciones más importantes de un ser humano son: el tipo de trabajo que desempeñará (qué profesión estudiar, a qué empresa postular, etc.), la pareja con la que compartirá su futuro, y el estilo de vida que adoptará (gustos y preferencias, actividades favoritas, etc.). Ninguna de estas tres elecciones tiene un claro fundamento racional, sino sobre todo fuertes componentes emocionales. Alguien decide ser ingeniero porque lo fue su padre, o porque le gustan las matemáticas. Otro individuo decide ser albañil porque se lo aconsejó

un capataz amigo a quien quiere y respeta. Los orientadores profesionales y los psicólogos laborales saben que las preferencias y vocaciones no tienen base racional. Alguien es militar porque ama la patria y le gusta la disciplina. Y otro es pianista porque la gusta la música y disfruta tocando el piano. Son los gustos, las experiencias positivas, o la imitación de otra persona a quien se admira, e incluso el azar, los factores que mayormente definen las vocaciones y las preferencias laborales. Y todos esos factores son saberes emocionales. Tales saberes juegan también un papel decisivo en la elección de pareja. Estudios recientes realizados en sujetos sanos y enamorados han revelado que, al mostrarles una fotografía de la persona amada, en las imágenes de la RNM funcional se encienden las áreas perceptivas y emocionales, y se apagan las regiones prefrontales del cerebro, que procesarían la racionalidad. Por supuesto, esta especie de ceguera producida por el amor dura solo de seis a doce meses. Tampoco hay duda de que los estilos de vida que se eligen dependen de motivaciones (prestigio, comodidad, placeres esperados) vinculadas a las experiencias personales o familiares emocionalmente positivas.

En este panorama cabe preguntarse para qué sirve la racionalidad, el ajustarse a normas y otras altas funciones similares. Sirve de mucho, pues hace posible alcanzar los objetivos que se quieren lograr, los hace factibles, dividiéndolos en metas y submetas, y permite al mismo tiempo una evaluación crítica de los impulsos emocionales, para orientarlos hacia las mejores opciones individuales.

5. LAS FUNCIONES DE LAS EMOCIONES Y LOS SENTIMIENTOS

5.1. Evaluación y control de oportunidades y amenazas

La respuesta emocional permite saber qué alimento es conveniente o dañino. A los monos les gustan las frutas (rojas); a los hombres, los alimentos dulces y los sabores y olores de la carne asada. Hay personas a las que les encantan los erizos;

otras les encuentran mal sabor. Las carnes y otros alimentos de mal olor son rechazados por repugnantes, sin que medien conocimientos de toxicología o microbiología. Estos gustos son espontáneos, no implican deliberación.

Esta evaluación es más importante frente a peligros inmediatos. Sobre el bus que a alguien se le viene encima, o el maleante que lo persigue, no hay discusión conceptual posible. El miedo hace correr antes de pensar. Naturalmente, hay objetos, animales o situaciones cuyo riesgo está precableado en el cerebro emocional. Así, casi todos los humanos temen a las serpientes y a las arañas. El temor a los terremotos no es aprendido. Sí lo es el temor a los buses y a los cables eléctricos. Aunque, evolutivamente, las emociones pueden haber nacido de amenazas y de oportunidades urgentes, son las más estables y de largo plazo las que intervienen en las decisiones importantes: trabajo, familia, estilo de vida y otras similares.

5.2. Disparadores e inductores de conductas

Los gustos, preferencias o rechazos son activadores de intenciones, y por lo tanto de conductas. Incluyen un alto componente emocional, en su propia estructura neurobiológica. Así, las preferencias emocionales pueden impulsar a comprar tal cuadro, llamar a tal persona, ir al fútbol, comer lo que uno le gusta, etc. (El gusto es una valoración emocional).

Un mecanismo neurobiológico, posiblemente distinto, relacionado con los procesos ejecutivos que se analizan en el capítulo correspondiente, es aquel que define conductas apropiadas para cumplir objetivos, planes y metas de más largo plazo. Sin embargo, los objetivos que se pretende alcanzar y las metas que se desea lograr derivan de motivaciones fundadas en preferencias, deseos y creencias que también tienen un componente emocional, afectivo y sentimental. De esta manera, la relación entre emociones y conductas tiene a lo menos tres niveles:

- Son disparadores de conductas inmediatas para escapar de un peligro o aprovechar una oportunidad.

- Orientan y definen preferencias que influyen en decisiones de corto y mediano plazo.
- Participan, a través de las motivaciones, en la determinación de objetivos y metas de largo plazo.

El segundo y el tercer nivel serán desarrollados posteriormente con más precisión.

5.3. Asignación de valor a contenidos de otras funciones mentales

En capítulos anteriores vimos que la atención y la percepción no son neutrales, sino selectivas. Dimos muchos ejemplos, indicando por qué se atiende a lo que se atiende, o se percibe lo que se percibe. Todos ellos corroboraron que el impacto emocional (anticipado y predicho o producido en el acto) es esencial para distinguir, esto es, atender o percibir selectivamente objetos, personas o situaciones. También, en el capítulo sobre la memoria, abundamos en las razones para guardar ciertos recuerdos y no otros. Estas razones son, como se insistió, fundamentalmente derivadas de la amplísima esfera de lo emocional. Asimismo, hemos visto que la evaluación de conductas (propias y ajenas), la teoría de la mente, y la mayor parte de las actitudes y comportamientos sociales, tienen un altísimo componente emocional. ¿Qué otra cosa son la empatía, la compasión, el amor o la lejanía, el odio, la envidia, el engaño?

En el mismo sentido de *asignar valor* para percibir o recordar, últimamente se han descrito como importantes los llamados “marcadores somáticos”. Se trata del impacto que tienen sobre las funciones prefrontales que toman decisiones, las sensaciones corporales que constantemente están llegando al cerebro. Hay vías neuronales que desde la piel, los músculos y las articulaciones, informan al cerebro de su estado. También existen vías neurales provenientes de las vísceras (intestinos, páncreas, hígado, etc.), que permanentemente están indicando su situación: hambre, sed, satisfacción, malestar, etc. El

cuerpo, en su conjunto, parece responder ante decisiones posiblemente riesgosas o benéficas. Este saber corporal se integra en una zona determinada del cerebro (ínsula) y participa en la decisión a través de sus conexiones prefrontales (corteza orbitaria, cíngulo). En el lenguaje popular, estas intuiciones son llamadas pálpitos o tincadas. Pacientes que han sufrido algún daño en esta región y no reciben tales informaciones, tienen conductas erróneas, toman decisiones imprudentes y mantienen relaciones negativas para otros y para sí mismos, aunque las pruebas de inteligencia a las que se los somete habitualmente entreguen resultados normales.

5.4. Definición de propósitos, objetivos y metas

Recién describimos cómo la *definición de los propósitos y objetivos* más vitales y las metas más generales no sigue la lógica aristotélica. Se fundan en vocaciones y preferencias, gustos, disgustos y rechazos, con un alto componente emocional. También indicamos el rol que cumple la racionalidad, encargada de la factibilidad de los propósitos, en este aparataje neurobiológico. Se ha comprobado reiteradamente que las concepciones humanas puramente racionales encuentran dificultades en su aplicación práctica. Por ejemplo, los economistas que suponen una racionalidad perfecta en las elecciones de los consumidores, o en la respuesta de distintos grupos a incentivos monetarios (empresarios, trabajadores, políticos, científicos, etc.), constatan que los estímulos o metas que más motivan, o que mejor activan comportamientos y actitudes, no son ni de lejos exclusivamente financieros. De hecho, estas motivaciones no racionales del *Homo economicus* han provocado un tremendo interés por las investigaciones neuro-económicas que buscan conocer empíricamente los procesos que subyacen a las conductas económicas, a través de la teoría de los juegos, por ejemplo.

Si fuere posible precisar cuáles son las funciones biológicas de las emociones más importantes para el aprendizaje humano, deberíamos dar prioridad a la función que asigna valor a

hechos, personas y situaciones, según su impacto emocional. Esta asignación de valor se manifiesta, neurobiológicamente, en la selección atencional y perceptiva, en la selección de qué se recuerda por la memoria de largo plazo, y en la percepción de qué disposiciones y actitudes se “sienten” más apropiadas. Es obvio que esta capacidad selectiva de las emociones, a través de la asignación de valor, también influencia su rol en la evaluación y control de oportunidades y amenazas, en la definición y aparición de conductas, y en la fijación de objetivos y metas.

En este sentido, parece vital que una pedagogía moderna incorpore y asuma el papel de las emociones, sentimientos, afectos y estados de ánimo en el aprendizaje. Del mismo modo que, en referencia a la memoria, hacíamos presente la necesidad de no solo considerar la memoria declarativa en los esfuerzos educativos, se debería incorporar a esos esfuerzos esta forma de saber, por lo menos al mismo nivel que el del conocimiento objetivo que proporciona la racionalidad. Hay, sin duda, formas de educación que incorporan estos saberes. Hemos dicho antes cómo los militares y las órdenes religiosas dedican mucho tiempo y esfuerzo a enseñar cómo manejar, utilizar o aun crear respuestas emocionales. Inculcar el amor a la patria, o al cumplimiento de los votos monásticos, son intervenciones sobre la emocionalidad. Los objetivos y prácticas formativas de las tradicionales escuelas inglesas y alemanas insistían en lo mismo.

CAPÍTULO 7

EL SABER OBJETIVO: RAZONAR Y JUZGAR

Aunque el *raciocinio* parece ser una capacidad neurobiológica evolutivamente más tardía que las emociones, en el estudio del conocimiento humano debería equipararse con estas, porque el raciocinio y la emoción constituyen distintas formas de *saber*, *conocery*, sobre todo, *interpretar la realidad* y, a partir de ello, *hacer predicciones fructíferas*. Para nosotros, los humanos, parece claro que razonar es una capacidad exclusivamente nuestra, pues, como sostienen los filósofos, solo nosotros podemos generar *proposiciones*, es decir, afirmaciones o negaciones (sobre la realidad) que pueden ser confirmadas o refutadas. Sin embargo, desde un punto estrictamente biológico y evolutivo, esto no es así, ya que existen numerosos insectos, aves y mamíferos que muestran o demuestran una rica racionalidad subyacente implícita en sus conductas.

Es el caso, entre muchos otros, de las avispas africanas, que cavan un agujero en la tierra, cazan una oruga, la paralizan pero no la matan, la llevan al orificio preparado y ponen sus huevos en su cuerpo, tapan y esconden el agujero que contiene la oruga y los huevos. Los huevos dan origen a nuevas avispas que se alimentan de la oruga que permaneció viva y, por lo tanto, comestible. Al terminar su maduración, las avispas hijas abren desde dentro el agujero y salen, se aparean, y el ciclo se reinicia. Veamos otro ejemplo, tomado de los mamíferos. Las ardillas, a fines del verano y comienzos del otoño, recogen bellotas, las guardan y ocultan en lugares especiales que disimulan con tierra y hojas. Al percibir a otras ardillas

que las observan interesadas, simulan ocultar bellotas inexistentes, en lugares que las observadoras conocen. Cuando llega el invierno, las ardillas trabajadoras, gracias a una memoria que les proporciona recuerdos precisos, vuelven para alimentarse solo a los lugares donde hay bellotas reales, y al parecer, en un orden estricto, determinado por el nivel esperado de maduración de los frutos. Nunca regresan a los lugares falsos, como sí lo hacen las ladronas. A veces, cuando el espionaje de las ladronas ha sido exitoso, se roban bellotas reales. Si las avispas y las ardillas fueran humanas, diríamos que tienen una conducta racional, ya que planifican conductas apropiadas para lograr un fin: alimentación para sus vástagos (avispa) o para sí mismas (ardilla), teniendo en cuenta las capacidades individuales que poseen, las condiciones ambientales (verano-invierno y su sucesión) y las circunstancias contextuales (otras ardillas). Naturalmente, ninguna de estas acciones es el resultado de una reflexión consciente. Pero ¿por qué las conductas racionales deben ser fruto de juicios conscientes? En el hombre, generalmente tampoco lo son.

Estos ejemplos de la vida silvestre, que podrían multiplicarse, nos dan señales para entender la naturaleza de la racionalidad humana; por supuesto, mucho más compleja y elaborada que en insectos y mamíferos. En esencia, *consiste en hacer posibles, factibles, los objetivos y metas que se persiguen*. Las avispas buscan de manera innata, no consciente, que su descendencia sobreviva y se multiplique. Las ardillas requieren alimentarse para sobrevivir en el duro invierno. Se capta además que el objetivo principal y final buscado no es, en sí mismo, racional a nivel individual. Reproducirse y sobrevivir son fines biológicos y evolutivamente primarios, por lo que el manejo racional (y el emocional) de la realidad específica de allá afuera, y del sí mismo, son instrumentos, mecanismos, dispositivos para lograr tales fines.

En el capítulo anterior, dedicado a las emociones, dijimos que las decisiones humanas más importantes (trabajo, pareja, estilo de vida) no son en sí mismas resultado de procesos racionales. Se vinculan en muy alto grado con objetivos determinados por motivaciones (deseos y creencias), con alta carga

emocional y afectiva. Desde este punto de vista, *la racionalidad humana tiene por función central hacer posibles, reales o factibles los objetivos definidos*, aunque no sea la racionalidad misma la que los haya fijado. Si alguien se fija como objetivo ser un profesional exitoso, un político con alto respaldo y reconocimiento popular, o un sacerdote consagrado al servicio de los demás, deberá desarrollar las estrategias conductuales más consistentes con esos propósitos. Si está enamorado de alguien, y desea que tal persona sea su pareja, deberá establecer las estrategias de acercamiento y seducción correspondientes. Si quiere adoptar un estilo de vida determinado (ser parte del jet set, o vivir aislado y vinculado con la naturaleza), deberá encontrar los recursos, y a través de estrategias apropiadas, las oportunidades para lograrlo.

Es obvio que en la vida diaria hay objetivos de menor significación, junto con propósitos importantes y de largo aliento. El niño del capítulo 2 necesita una estrategia para conseguir el helado que desea, el automovilista del capítulo 4 necesita otra para llegar a la hora a su trabajo, y el estudiante del capítulo 3 requiere una distinta para obtener una beca en España. *Las estrategias (racionales) implican la fijación de metas y submetas apropiadas para alcanzar los objetivos* que se buscan. En este sentido, los pasos (submetas) sucesivos para lograr una meta deben configurar una secuencia precisa, en la que es necesario definir cuáles son las submetas más decisivas. Debido a que cada uno de los efectos producidos por cada submeta (secuencial o en paralelo) es siempre evaluado por el cerebro, según sirva o no al objetivo buscado, dichos efectos o resultados son retroactivamente incorporados a la ejecución del siguiente paso de estrategia, y si las condiciones circunstanciales han cambiado, el paso o submeta tendrá que ser distinto al programado.

1. LA RACIONALIDAD Y EL CONOCIMIENTO OBJETIVO

Puede decirse así que *la racionalidad se manifiesta en el establecimiento de estrategias adecuadas para lograr propósitos triviales*,

importantes o trascendentales, es decir, de cualquier nivel. De esta manera, el estudio de la racionalidad como capacidad neurobiológica fundamental consiste en la determinación de los factores y componentes, tanto innatos como aprendidos, que hacen posible *construir estrategias adecuadas para alcanzar objetivos definidos*. Como sabemos, en cada instante un sujeto cualquiera tiene o persigue muchos objetivos. Por ejemplo, nuestro estudiante del capítulo 3 considera al mismo tiempo no caerse mientras baja la escalera, tomar desayuno, llegar a tiempo a la universidad, conseguir una beca para estudiar en España, seducir a tal pareja, atender a su madre, ser un profesional exitoso, etc. Para cada propósito deberá desarrollar estrategias racionales adecuadas y pertinentes. En lo que sigue de este capítulo examinaremos qué significa desarrollar estrategias adecuadas y pertinentes, cuáles dispositivos cerebro-mentales se ponen en juego para ello y cómo se relacionan unos con otros.

El primer tema que surge cuando uno piensa en estrategias adecuadas, es que deben considerar en cada caso las cosas, personas y situaciones como realmente son (objetivamente). En el ejemplo anterior, el estudiante debe saber cómo es la escalera para bajarla y no caerse; para lograr la beca debe conocer sus exigencias, mecanismos y formatos, etc. Esto significa que la racionalidad, al generar sus estrategias, debe trabajar sobre un *conocimiento lo más exacto posible de la realidad*. Y ese conocimiento debe enmarcarse en ciertos *principios lógicos* (formales), que otorgan validez y consistencia a tales estrategias. Estos principios requieren una cuidadosa aplicación, considerando que el lenguaje y la conciencia reflexiva pueden hacer explícitos y objetivables los pasos (algoritmos) del pensar racional. Entonces pueden expresarse y comunicarse a otros, y sobre todo a uno mismo. Así, el lenguaje objetivo y la conciencia reflexiva hacen (o pueden hacer) explícitos los razonamientos, las estrategias y sus fundamentos, que en nuestros ejemplos de las avispas y las ardillas están implícitos en sus conductas.

2. EL SENTIDO Y FUNDAMENTO DEL RAZONAR

Llamamos *razonamiento* al ejercicio mental que permite formular *juicios*, en lo posible verdaderos, y a partir de ellos establecer inferencias válidas como sustrato de estrategias eficaces y pertinentes. Un juicio es la relación que la mente establece entre tres conceptos: una cosa (sujeto), otra cosa (objeto predicado), y una fórmula verbal copulativa que los une. Esta definición, de lógica elemental, puede aplicarse a muchos tipos de relaciones. Cuando se dice “Juan es inteligente”, se afirma la característica de inteligente del personaje Juan; cuando se dice “el mar es salado”, se está afirmando la cualidad de salado del sujeto mar. Los lógicos definen muchos tipos de juicios, pero ello no nos interesa ahora. Lo que importa es explorar la afirmación de que, para tener estrategias adecuadas y pertinentes, debemos basarnos en juicios verdaderos. Hemos visto que la definición de juicio es en sí misma bastante trivial. Otra cosa es, sin embargo, saber cómo se logran *juicios verdaderos*. Los juicios no verdaderos (falsos, erróneos, engañosos, etc.) no generan inferencias y estrategias apropiadas para lograr las metas y propósitos buscados. Los juicios verdaderos, para serlo, necesitan cumplir dos condiciones básicas:

- La primera es que las cosas que se consideran en el juicio (sujetos, adjetivos, características) tengan una existencia real. Juan es un ser real y no una invención de la imaginación, y la cualidad de inteligente es una característica de muchos humanos, que en Juan debería comprobarse. Podría sostenerse que Juan es un extraterrestre, y entonces la verdad de la afirmación sería discutible. Por supuesto, puede haber juicios sobre seres imaginarios con cualidades fantásticas. Pero tales juicios no son verdaderos en el sentido de fundar estrategias exitosas, salvo para escritores y magos.
- La segunda es que las características o cualidades que se atribuyen a un sujeto existan realmente en él. Esto es, que Juan sea efectivamente inteligente. De este modo, lo que

hace de la racionalidad una función mental que produce “conocimientos objetivos” es que sus procesos arriban a juicios verdaderos, así atribuyen a cosas realmente existentes características, cualidades o propiedades que de hecho tienen, es decir, emiten inferencias válidas. Para que sea verdadera la afirmación de que tal planta tiene tal flor, no solo deben existir la planta y la flor, sino que además esta cosa (la flor) debe pertenecer a aquella cosa (la planta).

Por supuesto, la mayoría de los juicios (*explícitos*, y más comúnmente *implícitos*) que tenemos en cuenta en nuestro actuar cotidiano, no son tan simples ni tan “objetivos” (provenientes de datos indudables) como los mencionados en los ejemplos anteriores. Una estrategia para lograr un trabajo deseado por muchos exige una variedad de consideraciones, que pueden dar origen a muchos juicios sobre los otros competidores, las propias capacidades, los criterios de quienes entrevistan a los candidatos, las características del empleo, etc. Pero, además de estas complejidades, hay una dificultad mayor. Muchos juicios no se sustentan en datos comprobables, sino en opiniones que se creen efectivas representaciones de la realidad. Las opiniones no son necesariamente un conocimiento cierto de las cosas; están influidas (o aun determinadas) por creencias y deseos, emociones, sentimientos o expectativas de variado origen, que no registran (total o parcialmente) la realidad efectiva, sino solo la versión que tiene uno de ella, y esa versión puede ser errónea.

De esta manera, para ser verdadero, el pensamiento racional debe cumplir dos condiciones básicas:

- Asegurarse de que las representaciones con las que se trabaja sean consistentes con la realidad exterior y con la realidad del sí mismo (aptitudes, competencias, etc.).
- Verificar que las operaciones formales que la mente realiza con determinada información sean de tal tipo que den resultados (inferencias) válidos y confiables. Esa coherencia operativa es lo que llamamos *lógica*.

3. LA NEUROBIOLOGÍA DEL RAZONAR

Discutiendo las ideas de los empiristas ingleses John Locke y David Hume, que afirmaban: “Nada hay en el entendimiento que no haya pasado por los sentidos”, el filósofo alemán G. Leibniz dijo: “Eso es cierto para todo lo que hay en el entendimiento, excepto el propio entendimiento”. Lo que entonces se llamaba “entendimiento” hoy lo llamamos *mente*, por lo que, siguiendo a Leibniz, podríamos decir que todo lo que hay en la mente es producto de la experiencia, excepto las estructuras y procesos neurobiológicos y mentales de la propia mente. Esta afirmación es especialmente exacta en el caso del razonar; en consecuencia, debemos *describir las estructuras y procesos neurobiológicos y mentales que hacen posible el pensamiento racional y la formulación de juicios verdaderos, que a su vez generan estrategias eficaces y factibles para alcanzar ciertos objetivos*. Aunque ya han sido mencionados muchos de los principios formales de procesamiento, y las nociones y axiomas innatos que organizan y orientan esas estructuras y procesos, vale la pena darles ahora una mirada más orgánica, pues la *racionalidad* es quizás la función cerebro-mental que más claramente las manifiesta.

3.1. La noción de causalidad

Es imposible para la mente humana pensar o concebir algo que no tenga una causa y que aparezca de la nada. La *búsqueda de la causa* es constante y automática en todos los dominios, en todas las edades, en todas las épocas y en todas las culturas. El propio Leibniz la llamó “el principio de la razón suficiente”, según el cual cada hecho o acontecimiento del mundo natural o social es un efecto o resultado de algo anterior que lo produce, y de un modo tal que puede “explicarlo” suficientemente. De esta manera, *el pensar riguroso es aquel que busca y hace patente el origen (causa) y la razón determinante de los sucesos*. La búsqueda de la causa y del origen de un acontecimiento se inicia muy temprano en la vida humana.

Ya antes de cumplir 1 año de edad, los niños muestran especial interés por aquello que provoca (causa) un movimiento, un cambio en su ambiente. Por qué se movió la pelota o se volcó la leche, quién abrió la puerta y la hizo crujir, por qué sonó el cascabel, etc. Muy temprano son capaces de distinguir objetos que se mueven por sí mismos (animales) de aquellas cosas que requieren fuerzas externas para cambiar de posición, esto es, causas. Los autos con cuerda les producen sorpresa inicial, pues son objetos que se mueven solos. Entre 1 y 2 años son capaces de predecir que un móvil que choca debe detenerse. Si no lo hace (debido a algún ingenioso mecanismo), se muestran perplejos y confundidos. Esto demuestra que, ya a esa edad, el niño ha conectado una causa, el obstáculo, con un efecto, la detención del móvil. Pasados los 2 años empieza a preguntar por qué. Ese período, llamado “la edad de los por qué”, es vivido intensamente, y a menudo incómodamente, por padres y maestros. En el capítulo 3 hemos visto cómo la teoría de la mente le posibilita conocer, ya a los 4 años, las “causas” mentales de las conductas de sus interlocutores.

Probablemente, el efecto social y cultural más importante de la noción de *causalidad, innata* o precableada en el cerebro, es el moderno desarrollo de la ciencia. Otro efecto de análoga importancia fue el desarrollo de conocimientos y tecnologías en los homínidos *presapiens*. Para producir fuego y poder usarlo, el *Homo erectus* debió hacer la conexión entre frotar piedras o maderas y obtener chispas, es decir, concebir que el frote es la causa de las chispas. Del mismo modo, debió conectar el asar la carne en el fuego (causa) con tener un alimento de mejor calidad (efecto). Los ejemplos podrían multiplicarse ad infinitum con la fabricación de utensilios de piedra (causas) y sus variados usos (efectos). Por supuesto, las ciencias y tecnologías modernas son inconmensurablemente más sofisticadas, pero también dependen de la concepción de relaciones causales. Los epistemólogos y los filósofos de la ciencia describen varios tipos de *relaciones causales*, o de “causación”, como las llaman, y discuten, por ejemplo, las diferencias que existen entre ciencias naturales y ciencias sociales

y humanidades. Consideran que los tipos de causas que actúan generando efectos son distintos en los diversos dominios, como también lo serían los modos como actúan para producirlos. Sin duda, es diferente investigar las causas de las estaciones del año (por qué hay invierno, primavera, etc.) que las razones que provocaron la caída del Imperio romano. Es distinto investigar las causas de los cánceres de mama que los motivos que inducen a las mujeres musulmanas a cubrir su cabeza y cuerpo con ropajes especiales. Sin embargo, todas esas investigaciones se deben a la misma tendencia neurobiológica: preguntarse por qué ocurren las cosas.

Naturalmente, la *atribución causal* a ciertos sucesos o *efectos* puede ser enteramente errónea. Los chamanes animistas sostienen que tienen poderes porque se comunican con espíritus y dioses, y que por tanto son capaces de causar el efecto de mejorar al paciente. La cosmología babilónica creía que los astros eran causas de acontecimientos humanos (efectos). Todas las religiones atribuyen ciertos sucesos naturales o sociales a causas sobrenaturales (dioses) o morales (pecados). Las supersticiones (la astrología, las brujas, los talismanes, etc.) tienen su origen en el enorme poder de las tendencias neurobiológicas a buscar causas o razones, el porqué de los acontecimientos. Aun los historiadores y críticos de arte se preguntan por qué Van Gogh pintaba como lo hacía, o qué influencia tuvo la sordera de Beethoven en la composición de su novena sinfonía.

Esta posibilidad de que la atribución causal que se aplica para explicar cualquier hecho o circunstancia sea falsa o errónea, tiene en la mente humana (y también en ciertos casos animales) *sistemas neurobiológicos de verificación*. Tales sistemas pueden evaluar en alguna medida la veracidad y objetividad de las *representaciones y conceptos*, y asimismo la calidad de las *inferencias* que se realizan (probables, erróneas, ciertas, falsas, etc.). Como cualquier otra capacidad mental, tanto estos dispositivos como la capacidad crítica que desarrollan son innatos. Sin embargo, para que operen efectivamente, requieren ser activados, entrenados y, en un cierto nivel, aprendidos. Por lo tanto, su entrenamiento y aprendizaje deben formar parte

importante de la educación formal, pues contribuyen a pensar racionalmente, y a desplegar así estrategias exitosas.

4. LA CAPACIDAD CRÍTICA Y SUS COMPONENTES

Llamamos *capacidad crítica* a la posibilidad humana de *analizar y evaluar saberes y conocimientos* (verdaderos, falsos, posibles, probables, imposibles, útiles o inútiles, etc.), a partir de la aplicación de ciertos criterios que nacen de la racionalidad. Tales criterios pueden aplicarse a explicaciones, supuestos, inferencias propias o ajenas, generales (de la ciencia) o particulares (de un grupo), etc. Por otra parte, hemos incluido a continuación ciertos principios: los *axiomas espacio-temporales*, acerca de los cuales podría pensarse que no corresponden a una capacidad crítica que se considera de muy alto rango, y en la que intervienen principios de nivel superior, como los *axiomas lógico-matemáticos* y las *estructuras semánticas y gramaticales* del lenguaje. Esto es hasta cierto punto verdadero, pero las actividades sensorio-motoras y perceptivas que son estructuradas según estos axiomas espacio-temporales, tienen con mucha frecuencia antecedentes de procesamientos lógico-matemáticos. Ahora se sabe que las regiones cerebrales dedicadas a los asuntos sensorio-motores (corteza posterior, tálamo y núcleos de la base, cerebelo) también participan en el procesamiento de esas muy altas funciones cognitivas (lógicas, codificaciones, categorización, lenguajes matemáticos, etc.).

4.1. Los axiomas espacio-temporales

Como producto de su evolución, el cerebro ha desarrollado principios no aprendidos que hacen posible vivir y prosperar en ambientes que no pueden sino existir en el espacio (lugar) y en el tiempo (duración). Ningún ser vivo puede suponer que dos cosas ocupen el mismo lugar al mismo tiempo, o que algo aparezca y desaparezca sin una razón suficiente. Así lo establece nuestra *noción innata de permanencia*. También esperamos

que las cosas tengan, además de duración, un cierto peso, y que en determinadas condiciones se muevan. Los *conceptos de masa y energía*, que se relacionan con *peso y movimiento*, son sofisticaciones de las ciencias físicas basadas en capacidades pre-cableadas. Entendemos que la flecha del tiempo va del pasado al futuro, no al revés, y que hay cierto ritmo entre el día luminoso que sigue a la noche oscura, con alteraciones constantes e inevitables. Parece que esperamos que la luz venga de lo alto, como se muestra en experimentos con niños y adultos.

Jean Piaget ha detallado la etapa sensitivo-motora como la primera entre las que propone. En esa etapa, los niños pequeños van desarrollando las comprensiones espacio-temporales que dan cuenta de las capacidades que describimos en el párrafo anterior. De hecho, basta observar a un niño pequeño que mueve, lanza y oculta objetos, o que espera que ellos aparezcan al quitar la cortina que los cubre, o que supone que al empujar un camión de juguete este se desplazará sobre sus ruedas, etc., para darse cuenta de que está activando, ensayando, poniendo a prueba lo que consideramos nociones espacio-temporales innatas.

Pero estos principios, nociones o axiomas espacio-temporales muestran una fuerte presencia en otros dominios mentales. El propio Kant llamó la atención, entre sus “antinomias de la razón pura”, sobre la incapacidad de la mente humana para imaginar simultáneamente en el espacio lo *finito* y lo *infinito*, y en el tiempo, la *eternidad* y lo *pasajero*. Si nos dicen que el universo es finito porque es curvo, la pregunta obvia es: ¿y qué hay más allá? Si nos dicen que el tiempo empezó en el *Big-Bang*, nos preguntamos: ¿y qué había antes?

El equipamiento neurobiológico que nos permite operar, pensar e imaginar el espacio-tiempo, no es capaz de concebir propiamente ni la eternidad ni lo infinito. Tampoco las milésimas de segundo, ni el mundo ultramicroscópico. Esta es una prueba más de que el cerebro es un órgano práctico, destinado a conocer para predecir, pero dentro de los límites y niveles de nuestros entornos (la Tierra), de nuestra biología como mamíferos de tamaño medio, y de nuestra duración como especie,

cuyos individuos viven solo unas decenas de años.

La última consideración sobre las nociones espacio-temporales es, quizás, la más importante. Tradicionalmente, se han considerado como “leyes del pensamiento” las formuladas por Aristóteles hace 2.400 años. Ellas son: el *principio de identidad* (lo que es, es), el *principio de no contradicción* (algo no puede ser y no ser al mismo tiempo), y el *principio del tercero excluido* (algo es o no es; no hay una tercera alternativa). Hoy día pensamos que estos principios, que realmente están en la base de cualquier pensamiento humano (o no humano), fundan, en el sentido de la Epistemología genética de Piaget, las nociones o axiomas espacio-temporales. Consideremos las nociones de permanencia y comparémoslas con el principio de identidad. O el principio de no contradicción con la noción de que dos cosas no pueden ocupar el mismo espacio al mismo tiempo. Por otra parte, las tres leyes del pensamiento, básicas para el razonar humano, también se vinculan con los axiomas lógico-matemáticos, que contribuyen a asegurar la formulación de juicios verdaderos.

Los principios (axiomas) espacio-temporales también dan cuenta de ciertas formulaciones que habitualmente se consideran parte de la lógica. Vale la pena para estos efectos destacar solo dos:

- Si A es mayor que B y B mayor que C, A es mayor que C.
- Si A ocurrió antes que B y B antes que C, A ocurrió antes que C.

Estas formulaciones elementales son usadas implícitamente a diario: haciendo compras, pagando cuentas, en un paseo, comparando distancias en un viaje, etc.

4.2. Los principios o axiomas lógico-matemáticos

Aunque las *capacidades lógicas* de la mente humana no son exactamente las mismas que las matemáticas, a comienzos del siglo pasado, los filósofos ingleses A. Whitehead y B. Russell publicaron un libro que hizo época, *Principia Mathematica*, en

el cual, siguiendo una tradición algo más antigua (Boole), dieron una formulación casi definitiva a la llamada lógica simbólica. Esta sostiene que, dado que los principios lógicos son de algún modo mecánicos e invariables, y su poder consiste en dar cuenta “verdadera” de las relaciones que existen entre los hechos, pueden formularse de manera simbólica, es decir, matemática. Basta mirar los ejemplos anteriores para constatarlo. En verdad, esas relaciones podrían expresarse de manera completamente simbólica, por ejemplo:

- $A > B, B > C; A > C.$

A, B y C pueden ser cualesquiera cosas “comparables”: el tamaño de las ciudades, de las peras, las edades de los niños, etc. Estas comparaciones pueden traducirse en gráficos lineales, de barras, de torta, etc.

Lo interesante en este asunto es que la posibilidad de matematizar la lógica ha hecho pensar que las capacidades cerebrales formales, en cuanto son independientes de sus contenidos materiales y procesan tanto la lógica como las matemáticas, son en gran parte las mismas. Así lo ha demostrado la informática digitalizada, que funciona con simbologías elementales basadas en 0 y 1, simple expediente que le permite estar en la base del desarrollo moderno. Es por esto que la Psicología cognitiva sostiene que los procesos cerebrales son simplemente formas de computación, por cierto muy complejas y no bien conocidas. Sin embargo, el modelo computacional de la mente no logra explicar la conciencia, los afectos y la subjetividad, por lo que no puede replicar sus efectos en un aparato con inteligencia artificial. Volveremos a este punto en el capítulo dedicado a la conciencia y la subjetividad.

Como este no es un libro de lógica, de computación o de matemáticas (y el autor no tiene esas competencias), la pregunta que surge es: ¿para qué sirve, desde el punto de vista biológico, pensar lógicamente? Más práctico aún es preguntarse: ¿cómo se prepara a los jóvenes para desarrollar un pensar, un razonar, un enjuiciar que dé cuenta de capacidades críticas?

4.3. La función de los principios lógicos

Para evaluar la *función de los principios lógicos* en la complejísima estructura neurobiológica de la mente, debemos considerar que *participan en la tarea superior de razonar y juzgar con éxito*, de pensar la realidad y el sí mismo en cuanto a las relaciones existentes y posibles entre sus distintos componentes. No se trata de concebir apropiadamente cosas, personas y situaciones, sino sobre todo, en el caso de la lógica, establecer las relaciones efectivas (formales y de contenido) que se dan entre ellas. Hemos visto que también las emociones, en su propio dominio, conocen y juzgan los elementos de la realidad, según los efectos cualitativos que puedan provocar en uno mismo, en un grupo, en sus adversarios, etc. En el caso de la lógica, en la cual no hay sentimientos de por medio (excepto como un dato para la estructuración de un silogismo, como cuando decimos: Pedro es odioso), la cuestión está en *descubrir las relaciones objetivas de los elementos de la realidad*. De esta manera, puede decirse que la utilidad biológica práctica que aporta la lógica es la *capacidad de hacer inferencias válidas*.

Al comenzar este capítulo dijimos que los juicios son afirmaciones o negaciones sobre la realidad, que pueden clasificarse de muchos modos (verdaderos o falsos, probables o improbables, etc.), y que relacionan tres conceptos. En el caso de “Juan es calvo”, los conceptos son: “Juan” (sujeto), “calvo” (predicado), y “es” (cópula verbal que une a los otros dos). Saber que Juan es calvo es un conocimiento nuevo para el que no conocía bien a Juan, aunque no muy importante. Pero si sabemos, por ejemplo, que todos los calvos son inteligentes, podemos afirmar que Juan es inteligente. Esa conclusión, que relaciona dos juicios, es una *inferencia*. Si las dos premisas originales (juicios) son verdaderas, dicha conclusión también lo es. A partir de Aristóteles, este tipo de construcción lógica se ha denominado *silogismo*.

- Todos los calvos son inteligentes (premisa mayor).
- Juan es calvo (premisa menor).
- Juan es inteligente (conclusión).

El supuesto central de este ejercicio, algo primario, y eventualmente inútil para lectores que sepan de lógica elemental, es que “consideramos que la realidad funciona así, y que el cerebro computa las relaciones que se producen en la realidad de un modo consistente con este supuesto”.

Esto significa que las formulaciones teóricas de la lógica no hacen más que evidenciar que la mente y los procesos cerebrales pueden alcanzar un conocimiento objetivo de la realidad, hacer juicios verdaderos y evitar errores, a fin de ser exitoso en la tarea de prosperar como individuo y como grupo. Esta correspondencia punto a punto entre realidad y mente, cuando de procesos lógicos se trata, y por tanto con contenidos objetivos (no necesariamente en otros casos), puede ilustrarse mediante un silogismo cuya conclusión es falsa.

- Todos los calvos son inteligentes.
- Juan es inteligente.
- Juan es calvo.

La conclusión es falsa, pues la premisa mayor no afirma que todos los inteligentes son calvos. La clase de los inteligentes puede contener individuos con pelo (y también calvos), por lo que la inteligencia de Juan no supone su calvicie.

Lo importante de esto es que los seres humanos hacemos inferencias con mucha frecuencia (en realidad, a cada momento), pero llegamos a veces a conclusiones erróneas, por no pensar con el rigor suficiente, o por no haber desarrollado adecuadamente la capacidad crítica con la que nacemos. Estos errores en el *pensar objetivo*, en los que incurrimos a menudo, tienen consecuencias negativas de todo orden. Puede tratarse de un líder que lo es por su carisma, y no por sus capacidades críticas, debido a lo cual puede conducir a su gente a cualquier desastre. Puede tratarse de un profesional cuyas tendencias emocionales puramente subjetivas (útiles para algunas circunstancias y no para otras) predominan de tal manera, que hace mal su trabajo técnico. Puede tratarse de un joven que, al no tener capacidad crítica suficiente para evaluar conceptos o propuestas disparatadas o peligrosas de

sus amigos, se deja influir por ellos, y compromete su futuro o su salud.

Las inferencias deductivas, que son los procedimientos intelectuales que permiten ir de afirmaciones generales a verdades particulares, pueden ser erróneas, como en nuestro ejemplo anterior, cuando se comprende mal el ámbito al que puede aplicarse la verdad general. En el primer ejemplo, "Todos los calvos" es una generalización que incluye a nuestro calvo particular. Pero los inteligentes pueden ser calvos o no, por lo que la conclusión del segundo ejemplo es errónea.

Las inferencias inductivas son mucho más problemáticas y frecuentes. En este caso, el proceso intelectual va de casos particulares a conclusiones generales. Todos conocemos una multitud de juicios falsos causados por una mala aplicación de inferencias inductivas. Por ejemplo: todos los políticos son sinvergüenzas, la religión es el opio del pueblo, los niños pobres son menos inteligentes que los acomodados, toda la educación chilena es de mala calidad, etc. Es fácil notar que se trata de generalizaciones indebidas, a veces a partir de solo uno o dos ejemplos. Otra causa frecuente de inducciones mal hechas es la confusión lógica entre correlatos y causalidad. El hecho de que dos acontecimientos se presenten a menudo al mismo tiempo (correlación) no indica que uno sea la causa del otro. Ambos pueden tener una causa común no conocida o no buscada, su simultaneidad puede ser azarosa, puede haber defectos en los registros de esos hechos, o cualquier otra razón que explique la correlación, sin que exista causalidad. Por otra parte, las inferencias deductivas son más escasas, porque no hay muchas afirmaciones generales indudables. De hecho, aparte de las matemáticas, todas las ciencias, aun las llamadas exactas (como la Física teórica, por ejemplo), requieren corroboración empírica. Más todavía, las ciencias experimentales (Química, Biología, etc.) se llaman así porque sus hipótesis (inferencias inductivas) pueden ser confirmadas o refutadas mediante experimentos. En el universo social, en general probabilístico, más que apodíctico, la mayor parte de nuestras inferencias son inductivas. La Medicina, la Psicología

y todas las ciencias sociales trabajan con generalizaciones hechas a partir de cierto número de casos singulares (cuyas características y comportamientos se repiten invariablemente), y por lo tanto se fundan en estadísticas. Cuando afirmamos –a modo de referencia– que los políticos son deshonestos, deberíamos precisar en qué porcentaje lo son, en qué país, de qué tipo de deshonestidad hablamos, etc.

De hecho, el *pensamiento crítico* que subyace al desarrollo de las ciencias y las tecnologías ha posibilitado el enorme avance de estas últimas, porque les ha permitido formular métodos de trabajo que indican cuándo es posible generalizar, qué porcentaje de aplicación tienen esas generalizaciones, y cómo comprobar o refutar las teorías e hipótesis a las que dan lugar. En este punto es necesario volver a la pregunta crucial: ¿cómo se aprende a construir y utilizar bien las inferencias?

4.4. La calidad de las evidencias

El aparataje descrito para razonar y juzgar, hacer inferencias válidas y generalizaciones adecuadas depende de la veracidad de los datos básicos con los que trabajan las estructuras cerebro-mentales. Las novelas y películas policiales han generalizado el uso de la palabra que designa la objetividad de esos datos: *evidencias*. Porque el problema real para considerar verdadero el silogismo de “Juan el calvo” es si ese Juan es efectivamente calvo, y si es cierto que todos los calvos son inteligentes.

Estas consideraciones pueden complicarse si nos referimos a datos algo menos conocidos, por ejemplo: “La gestación del narval dura seis meses, por lo que emigra a aguas cálidas una vez por año”. Es obvio que no podemos evaluar esta afirmación como errónea o verdadera si no sabemos, de partida, qué es el narval, por qué necesita emigrar a aguas cálidas para tener su cría, etc. Pero más importante que este conocimiento es saber cómo se obtuvo la información sobre la gestación, cuántos ejemplares se estudiaron, cómo se hizo el seguimiento, etc. La confianza popular en el valor del conocimiento científico es

suficiente como para no hacerse estas preguntas metodológicas: ¿cómo se obtuvieron las evidencias, y de qué evidencias se trata? Pero tales preguntas son fundamentales para los científicos que trabajan en cetáceos del Polo Norte. Esto significa que es muy importante la *calidad de las evidencias* (los datos) que se usan para formular juicios, hacer inducciones y, en fin, razonar y pensar objetivamente. Un defecto muy frecuente en la valoración objetiva de los datos es considerarlos más o menos creíbles según las personas que los dan a conocer y la confianza que cada cual deposita en ellas. Por supuesto, es sano un cierto escepticismo, pero una capacidad crítica madura debe poder determinar la veracidad de las evidencias más allá de la confianza (en general, afectiva) que puedan generar los transmisores de la información. La averiguación de la fuente de cada información y de la calidad de los datos, esto es, de las evidencias, es también un importante requisito de la *capacidad crítica, para que pueda proporcionar el conocimiento objetivo que nace de la racionalidad*.

Un punto que es necesario destacar aquí es que este libro no trata de la epistemología de las ciencias. La cuestión principal es cómo los humanos pueden pensar correctamente los asuntos objetivos que deben enfrentar todos los días y en distintos ámbitos, pues de eso depende que su manejo resulte exitoso o que fracase. En consecuencia, el tema protagónico de este libro es cómo se puede educar para pensar y trabajar adecuadamente en la realidad objetiva.

5. LAS REDES NEURALES DEL PENSAR RACIONAL

En esta sección no hemos insistido en las *bases neurobiológicas de la capacidad de razonar, juzgar y pensar críticamente*, porque son extraordinariamente complejas, porque sus procesos neurales no son tan bien conocidos como los perceptivos de la memoria y las emociones, y, por último, porque se relacionan estrechamente con las operaciones cerebro-mentales vinculadas con la resolución de problemas y los procesos ejecutivos,

que trataremos cuando nos preocupemos de estos temas. Sin embargo, cabe hacer ahora una consideración general de gran importancia. Los procesos mentales relacionados con la racionalidad tienen, especialmente en el caso de la lógica, un fundamento que se ha llamado “mecánico”. Esta denominación implica que dichos procesos podrían (y de hecho, pueden) replicarse en artefactos tecnológicos como los computadores. Por la misma razón, es posible la *lógica simbólica o matemática*. Esta replicabilidad artificial de los procesos lógicos permitió el nacimiento de la “inteligencia artificial”, y dio origen a la denominada Psicología cognitiva. Sin embargo, hoy día se ha hecho evidente que la inteligencia artificial no avanza, aunque los computadores y sus procesos lógicos se perfeccionan, y que la Psicología cognitiva tiene varias limitaciones. Al llegar a este punto de nuestro examen neurobiológico del aprendizaje, resultan comprensibles las dificultades de la inteligencia artificial. El factor crítico es que el cerebro no trabaja en todas sus funciones del mismo modo que la lógica, que sí parece mecanizable. Las dificultades son muchas, pero hay dos principales.

5.1. La incorporación de materiales contextuales

Nuestra memoria, que en algún nivel se reestructura cada noche, es capaz además, quizás por su misma y constante puesta a punto, de *incorporar materiales contextuales*, que se pueden recordar en cada caso, según se necesiten. A partir de cualquier recuerdo (o hecho presente), la memoria puede remontarse a volúmenes casi infinitos de datos relacionados. Supongamos que alguien piensa en sus últimas vacaciones, durante las cuales fue a un lago del sur con su familia. Si toma solo el recuerdo del lago, puede hacer miles de conexiones. Si toma el de su esposa, otros miles, y lo mismo si toma el recuerdo de cada uno de sus hijos. Si se encontró con un ex compañero de un curso compuesto de 21 condiscípulos, puede hacer una cantidad de conexiones aun mayor. Esta capacidad de recuperar informaciones de contexto, que eventualmente podrían tenerse presentes (“en línea”), no existe hoy en las memorias computacionales,

sobre todo porque el contexto puede ser afectivo, es decir, registrar el agrado o desagrado, la satisfacción o el disgusto provocados por las situaciones que se enfrentaron.

5.2. La imposibilidad casi absoluta de simbolizar y procesar artificialmente afectos y sentimientos subjetivos

Pero la limitación es todavía mayor cuando se trata de *emociones, sentimientos, afectos y estados de ánimo*, y de todos los componentes y relaciones indicados en el capítulo dedicado al tema. Aquí la imposibilidad es casi absoluta, pues hasta hoy nadie sabe cómo simbolizar y procesar artificialmente esas experiencias o estados subjetivos.

Sin embargo, desde el punto de vista neurobiológico, sabemos bien dónde y cómo se relacionan emociones y racionalidad. Mencionemos algunos de esos puntos de confluencia. El circuito amigdaliano emocional se conecta con la corteza prefrontal orbitaria, que controla las propuestas emocionales y modula o evita impulsividades dañinas, para uno mismo o para otros. A su vez, esta corteza se conecta con la región prefrontal lateral izquierda, que procesa la toma de decisiones lógicas y las ajusta a objetivos y metas, y con la región de la corteza prefrontal interna, llamada cíngulo, que evalúa reiteradamente los resultados de las acciones con base lógica y afectiva. Lo interesante de estos arreglos es que significan que las redes neuronales pueden traducir, en estos y otros puntos, como los de la memoria, los códigos emocionales a los mnésicos y a los racionales (y a la inversa), y además inhibir uno u otro, tal como la racionalidad prefrontal es bloqueada en el enamoramiento, y las conductas impulsivas son controladas por la razón.

En todo este relato sobre los atributos “lógicos” del cerebro humano siempre hemos distinguido razonamiento lógico de “juicio”. Esto se debe al hecho simple, pero tremendamente importante, de que al juzgar a una persona, una situación o una cosa (atribuir algo a algo), corrientemente incorporamos elementos afectivos a nuestros juicios. Puedo pensar acertadamente que Juan es más alto que Pedro. Pero si Pedro es mi

hijo, quizás enjuiciaré menos objetivamente su inteligencia, su carácter o su conducta. Esta dificultad, conocida desde muy antiguo, ha hecho que los médicos no traten a familiares cercanos, que los jueces se rehúsen a juzgar a sus amigos, etc. De esta manera, puede decirse que, para juzgar, el cerebro humano hace uso de los dos saberes que mencionamos en el capítulo correspondiente.

6. LAS MATEMÁTICAS

Lo que llamamos *matemáticas* es un constructo simbólico-espacial que desarrolla sus propios códigos o lenguajes, constituidos por varios componentes. Uno de ellos es la *capacidad de calcular*, que incluye en su origen la de contar (que también existe en animales), y que elabora a partir de ahí el concepto de números que se adicionan o restan, se multiplican, etc. Junto con el cálculo, que es una *capacidad secuencial* (que transcurre en el tiempo), el cerebro humano es capaz de identificar posiciones relativas de las cosas. Esto se manifiesta en el ordenamiento espacial de los números, que les asigna valor según su posición en una cifra (decenas, centenas, etc.), y que hace posibles las notaciones de las operaciones aritméticas. La aritmética tiene un componente secuencial (contar, etc.) y otro espacial (posicional), y es una simbolización que se hace abstracta en el álgebra. Por su parte, la geometría aborda relaciones espaciales, basándose en intuiciones innatas que posibilitan operar en el espacio, operación práctica en la que muchas otras especies son más avanzadas que el hombre (los murciélagos, por ejemplo). Lo propiamente humano es que nuestras intuiciones espaciales, junto con la imaginación predictiva y la conceptualización matemática abstracta, nos permiten construir objetos, herramientas, maquinarias, y desarrollar tecnologías.

Todo esto significa que los saberes matemáticos, de tanta y creciente importancia hoy en día, se fundamentan en dispositivos neurobiológicos, a partir de los cuales construyen su

enorme edificio simbólico con un lenguaje (código) que les es propio, y con aplicaciones tecnológicas sin paralelo, que disfrutamos (o sufrimos) a cada momento. Anteriormente dijimos que los principios lógicos se basan en el supuesto de que representan la manera como efectivamente se relacionan las cosas. Esto es sin duda también aplicable a las matemáticas. Galileo afirmó que las matemáticas son el lenguaje del universo. Y Pitágoras, dos mil años antes, que eran la esencia del cosmos.

El ave más rápida de la Tierra es el halcón peregrino, que se especializa en cazar otras aves durante su vuelo, especialmente palomas. Alguien calculó las operaciones matemáticas que el halcón peregrino (en realidad su cerebro, que pesa 20 gr) debe hacer para alcanzar a 130 kilómetros por hora, y en picada, a una paloma que va en una cierta dirección a 15 o 20 kilómetros por hora, en un ambiente en el que las corrientes de aire, la temperatura, el vuelo, las montañas cercanas, etc., tienen influencias adicionales. Debe calcular energía y velocidad, según su peso corporal, aceleración inicial y final, ángulos de giro, posiciones cambiantes en cada momento, etc., y todo esto también en lo que respecta a su presa (la paloma). El hecho es que el halcón peregrino, con su diminuto cerebro, debe hacer varias veces al día, para sobrevivir, cálculos más complejos que los necesarios para poner a un hombre en la Luna. Ni hablar de los cálculos que hace el cerebro de un tenista profesional que debe responder, con la potencia y dirección apropiadas, un saque que viene a 200 kilómetros por hora, y para lo cual tiene solo décimas de segundo.

Estos ejemplos, más allá de nuestras ciencias y tecnologías, muestran de qué manera las *capacidades que llamamos matemáticas* forman parte del equipamiento biológico de los seres vivos. No solo permiten diseñar computadoras, sino también cazar y jugar tenis, calcular distancias y velocidades cuando uno corre para tomar un bus en movimiento, y ejecutar todas las acciones físicas, pues todas tienen lugar en el tiempo y el espacio.

La consideración final de este capítulo dedicado a la racionalidad es que necesitamos desarrollar en nuestros estudiantes

la capacidad crítica de juzgar adecuadamente (verdaderamente). Para eso deben contar con conocimientos objetivos (evidencias materiales), obtenidos mediante las regulaciones formales del pensamiento (lógicas y matemáticas), que registran el modo en que funcionan las cosas en la realidad.

CAPÍTULO 8

LOS DOS SABERES. LAS DOS CULTURAS

De acuerdo con lo que hemos visto, el conocimiento humano de la realidad tiene dos fuentes diferentes. Una, evolutivamente mucho más antigua y subjetiva, que evalúa las cosas, personas y acontecimientos según su valor para la propia existencia, calificándolos como buenos o malos, dañinos o satisfactorios, dolorosos o placenteros, agradables o repugnantes, alegres o tristes, etc. Esta fuente del saber está configurada por *las emociones, los sentimientos y los afectos*, que consideran la realidad según su impacto, presente o esperado, sobre la propia vida. Otra, de origen evolutivamente más reciente, se orienta hacia un saber objetivo de la realidad, averiguando los elementos que la componen y las relaciones que se dan entre ellos, sus regularidades o leyes y sus mecanismos causales, más allá de las preferencias o inclinaciones del sujeto que conoce. A esta fuente del conocimiento la llamamos *racionalidad*.

Es patente, sin embargo, que ambas fuentes se vinculan con una misma realidad, y que cada una registra y enfatiza distintos aspectos, atributos y condiciones del mismo mundo. Las consecuencias de esta *doble representación de la realidad* son notables, y extraordinariamente importantes para la educación, la cultura y el aprendizaje.

La acción conjunta de ambas fuentes es sinérgica, y contribuye a que la función biológica propia del saber-conocer sea más eficiente, pues permite acercamientos, desde distintos ángulos, al mismo objeto de conocimiento: la realidad exterior y el sí mismo. De esta manera, *las representaciones (mapas) de*

ambos mundos son más complejas y completas, y hacen posible generar modelos objetivos de uno y otro, pero al mismo tiempo evaluados según su valor existencial. En la vida de las personas, esta doble percepción marca a menudo sus visiones de la realidad. Hay quien ama a su madre, su esposa y sus hijos, y valora esos sentimientos, pero tiene al mismo tiempo la objetividad suficiente como para reconocer sus defectos reales, grandes o pequeños, sin que por eso los ame menos. Puede admirar a determinado líder, y saber objetivamente que tiene ciertos problemas o limitaciones personales. Sin embargo, con más frecuencia que la deseable, estas distinciones no se hacen, y el saber que predomina oblitera al otro. En las discusiones sociopolíticas vemos igual dicotomía, pues la valoración afectiva de algunas ideas o propuestas suele ser distinta a la evaluación objetiva de ellas.

En el debate entablado sobre producción de energía *versus* agresión al medio ambiente, algunos enfatizan el aporte al desarrollo industrial de las centrales hidroeléctricas, y otros, su impacto negativo sobre la belleza del entorno, o el daño espiritual que causarán a las comunidades autóctonas. En el caso de las instalaciones nucleares, los beneficios de una energía limpia enfrentan el temor de muchos a la contaminación radiactiva, o a desastres como los ocurridos en Japón y en la Unión Soviética (Chernobyl). De hecho, no hay ámbito de la vida personal y social en el que estos dos saberes no puedan entrar eventualmente en conflicto. Por ejemplo: la apetencia por la comida chatarra frente a la información nutricional (objetiva) que da cuenta de sus riesgos. Las tecnologías y aparatos de las camas de cuidados intensivos frente a la necesidad espiritual de una muerte digna. La pobreza puede ser vista como el resultado objetivo de problemas en la distribución del ingreso y de carencias de capital social y cultural, pero también puede constituir un poderoso aliciente para enfatizar que la pobreza no es solo un asunto técnico, sino asimismo moral, o religioso, e incluso hay quienes llaman a “vivir con los pobres”.

Desde un punto de vista personal y comunitario, lo que se requiere es lograr el *equilibrio* entre estos dos saberes. Por

supuesto, no siempre es posible armonizar visiones antitéticas. En ciertos casos, porque la materia misma que es objeto del conocimiento no se presta bien para una forma de saber integradora. El placer subjetivo que produce la música, difícilmente puede ser objetivado racionalmente. La Física y la Química no provocan respuestas emocionales o sentimentales, excepto para el descubridor, que espera prestigio y gratificaciones por su hallazgo.

1. CONOCIMIENTO EMPÍRICO-DENOTATIVO Y CONOCIMIENTO SIMBÓLICO-EXPRESIVO

Estos últimos ejemplos nos introducen en lo que se ha llamado *las dos culturas*. Esta línea de pensamiento sostiene que el ejercicio de ciencias y tecnologías duras, es decir, objetivables y matematizables, genera en quienes las practican formas de conocimiento y de pensamiento centradas en la descripción empírica de los objetos del conocimiento, y en la búsqueda de regularidades o leyes que expliquen su estructura y funcionamiento. Aquí las palabras clave son *descripción, objetividad, explicación, eficacia*. En cambio, quienes trabajan en humanidades y artes privilegian la significación de los hechos empíricos y de las creaciones humanas, que según ellos no corresponde describir o explicar, sino comprender y disfrutar. En este caso, las palabras clave son *significación, comprensión y sentido*. Por último, hay ciertas disciplinas que ofrecen un abanico más amplio de saberes, cuyos cultores pueden inclinarse en una u otra dirección. Hay médicos a quienes les interesa sobre todo la base científica de su quehacer; a otros los mueve más la compasión por el enfermo que sufre. En cuanto a las ciencias sociales, algunos piensan que deben fundarse en una interpretación valorativa de los asuntos sociales (por ejemplo, las ideologías). Otros se basan en lo que dicen las encuestas y su manejo estadístico, o en lo que revelan objetivamente los textos, o los hallazgos arqueológicos. Entre los filósofos, hay quienes creen en la validez de la metafísica, y quienes están convencidos de

que el positivismo lógico es la única vía adecuada para conocer la realidad.

Probablemente, el *lenguaje humano* es el medio neurobiológico más idóneo para inducir una confluencia entre los dos saberes. Es capaz de generar una versión empírico-denotativa de la realidad objetiva, y al mismo tiempo puede producir, a través de la metáfora, la parábola y los demás recursos del lenguaje que se encarnan en la poesía y en la prosa, una versión simbólico-expresiva de la realidad, como es sentida y valorada. Sin embargo, el concepto de símbolo puede inducir a cierta confusión. Existe una gran profusión de símbolos químicos (agua = H_2O) y físico-matemáticos (números, adición, resta, figuras geométricas, etc.), que representan realidades y relaciones objetivas, y que por lo tanto pertenecen a la versión empírico-denotativa de las representaciones de la realidad. Hay quienes prefieren usar en estos casos el concepto de signos, que parecería más objetivo. Pero esto tampoco aclara mucho, pues tenemos el “signo de los tiempos”, o el “signo de la cruz”. Este último, que cuando alguien se persigna implica un ademán físico, objetivo, tiene también una enorme significación de otro tipo. Sin embargo, en los actos del habla o de la escritura, la pertenencia de determinado discurso a una u otra versión o representación de la realidad, se aclara corrientemente a través del contexto.

Por otra parte, siendo el lenguaje una capacidad eminentemente social, se constituye en una especie de *memoria colectiva*, que transmite y guarda conceptos (objetivos) y sentires y creencias (subjetivas) del grupo o la comunidad en su conjunto, esto es, de su *cultura*. Los mitos, las leyendas, las vidas de héroes y las demás formas de relatos populares, no solo expresan simbólicamente creencias comunes muy profundas, sino también rasgos de una identidad compartida. Los mitos y héroes griegos muestran y representan, siglos antes que los filósofos, lo que ellos creían, las virtudes que valoraban, los vicios que repudiaban y las relaciones que preferían. Tanto el mundo primitivo como el actual están llenos de mitos cosmogónicos, que pretenden explicar qué es el universo, cuál fue su

origen, quién lo creó, qué papel jugamos en él los humanos, qué premios y castigos puede tener la persona según su comportamiento. Como se ve, es la versión simbólico-expresiva del saber sobre la realidad la que más directamente responde a las preguntas trascendentales del hombre, en todos los tiempos de su historia. Es posible que esta dirección, que apunta a las grandes preguntas (y sus respuestas), explique la curiosa indiferencia de quienes cultivan las humanidades y las artes por los conocimientos “objetivos” que proporcionan las ciencias naturales y exactas. Esa actitud, que se repite en todas las comunidades académicas del mundo, coexiste en todas partes con una actitud inversa de muchos científicos, que muestran un marcado interés por los saberes simbólico-expresivos.

2. LA EDUCACIÓN FORMAL Y LAS DOS FORMAS DE SABER

Lo importante para la *educación* es que, debido al explosivo (y por otra parte, necesario) avance moderno de las ciencias y las tecnologías, se está produciendo un cambio. Estas se fundan en el *conocimiento objetivo*, y lo privilegian, al punto que hacen desaparecer los dioses y los mitos cosmogónicos, calificándolos como supersticiones. Solo hay campos de energía, la creación es reemplazada por el *Big-Bang*, y la moral se explica como formas de comportamiento evolutivamente exitoso. El problema es que, siendo todo esto cierto, la ciencia y la tecnología no responden a las grandes preguntas humanas. Correctamente consideradas, su misma estructura epistemológica les impide hacerlo. Son saberes objetivos, y no pueden reemplazar los sentires y creencias subjetivas, que valoran afectivamente los hechos, la naturaleza, las personas, los acontecimientos y las circunstancias. Pero, también por su propia estructura epistemológica, los *saberes subjetivos* no pueden reemplazar el conocimiento objetivo. Es posible que lo que Freud llamaba “el malestar de la cultura” se nutra de esta dicotomía, no bien resuelta en muchas personas, grupos y sociedades.

Así, en este verdadero viaje civilizacional que vivimos todos los días, la educación del siglo XXI se enfrenta con la siguiente situación: la Neurobiología del conocimiento está mostrando que el cerebro humano puede y debe aprender, esto es, *representar la realidad desde dos vertientes*. La primera, el conocer y saber objetivo, que se *fundamenta en la racionalidad*, y que hemos llamado empírico-denotativo. La segunda, el saber o sentir subjetivo, que *valora afectivamente la realidad*, y que llamamos simbólico-expresivo. La primera se manifiesta a través de la ciencia y la tecnología; la segunda se expresa en las artes y las humanidades. Ambas existen y funcionan en cada persona humana, y tienen, a lo menos, igual significación para el éxito biológico evolutivo. El lenguaje puede, como sistema de representación de segundo nivel, expresar ambos saberes, aunque más directamente el saber objetivo racional. Esto se debe a que, siendo el lenguaje, por su propia naturaleza, una función de operación secuencial (palabras, conceptos, uno detrás de otro, y por lo tanto vinculados al tiempo), no puede representar bien símbolos y significados que dan cuenta de saberes complejos, integrados, holísticos, que simbolizan “de una sola vez” la realidad subjetiva a la que se refieren. Por su parte, como hemos visto, la racionalidad es también secuencial.

En estas circunstancias, queda claro que la educación formal debe hacerse cargo de transmitir y estimular en los jóvenes las *dos formas de saber*, si desea tener como resultado una persona completa, que ha desarrollado sus capacidades en ambos sentidos y que es capaz de armonizarlos.

Es indudable, sin embargo, que las metodologías de enseñanza requeridas para que los estudiantes accedan a cada uno de estos saberes, no pueden ser iguales. Los dispositivos neurobiológicos que los fundamentan son distintos. Los afectos (emociones) y la racionalidad (lógica) son procesados por módulos cerebrales diversos. Aun así, las emociones y la racionalidad se encuentran y se interrelacionan en el proceso de juzgar para tomar decisiones, pues en ese momento la capacidad predictiva debe tener en cuenta “la realidad objetiva”, y al mismo tiempo el impacto afectivo (y moral) de los sucesos. De

esta manera, es posible hacer ciertas sugerencias pedagógicas de tipo general:

- Entrenar y desarrollar capacidades lógico-matemáticas (objetivas).
- Entrenar y desarrollar capacidades simbólico-expresivas (valores y afectos).
- Fortalecer y perfeccionar las capacidades lingüísticas (expresión y recepción de conceptos y metáforas).
- Estimular y desarrollar las capacidades críticas de evaluación, control y relación de ambos saberes, a partir de la práctica reiterada de juzgar acontecimientos pasados, hechos recientes y perspectivas futuras, considerando integralmente los dos tipos de representaciones.

Es necesario destacar la práctica de juzgar (analizar, valorar, evaluar, considerar, concluir) “correctamente” en cada caso, porque la capacidad crítica que implica y pone en juego es, por su propia naturaleza, de índole personal. No puede transmitirse a través de un discurso externo o de una clase magistral. Cada cual debe adquirirla mediante una práctica personal y reiterada, hasta aprender a usarla, y usarla bien.

Por cierto, esta estrategia pedagógica no es nueva. Ahora se conocen los procesos neurobiológicos que subyacen a los dos saberes, y de hecho, solo ahora el conocimiento se está bifurcando en una versión objetiva racional (empírico-denotativa) y otra valorativa afectiva (simbólico-expresiva). De la misma manera, solo recientemente se ha descrito la capacidad crítica como la que reúne ambos saberes en el acto de juzgar. Sin embargo, el aprendizaje “validado” a partir de la práctica personal es muy antiguo. Los cazadores-recolectores actuales operan tal como probablemente lo hacían nuestros ancestros; las salidas a terreno, las prácticas hospitalarias, las clínicas jurídicas, los ejercicios de las matemáticas y de las artes etc., van en la misma dirección. Sin embargo, la cuestión crucial es cómo el estudiante o aprendiz puede internalizar la capacidad crítica a través del contacto directo con una realidad o un problema. Salir a terreno, visitar museos, fábricas u otros establecimientos no

es lo mismo que salir a pasear. La discusión clínica, jurídica o sobre ciencias sociales no es un ejercicio de erudición. Lo que importa es cómo se aprende a utilizar los saberes para analizar y juzgar críticamente la compleja realidad externa e interna.

Lo que finalmente se persigue es *acompañar, guiar y asistir al estudiante para que aprenda a pensar y valorar por su cuenta, y a hacerlo bien*. En los más pequeños, las prácticas requerirán objetos reales que puedan sentir y manipular, incluso en ciertas áreas profesionales, como ciencias naturales, artes, tecnologías, etc. Pero a veces el instrumento será solo el lenguaje, y los ejercicios mentales (simulaciones) que pueden hacerse mediante su uso. Tales ejercicios deben ser guiados, orientados y evaluados por el maestro.

De esta manera, la educación formal incorpora el importante concepto de “mediador”, rol que antes, o simultáneamente, ejercen la madre y la familia. A esta mediación “vertical” ejercida por padres, núcleo familiar, maestro y líderes públicos, se agrega otra de carácter más horizontal y difuso, generada por las relaciones con los grupos de referencia.

CUARTA SECCIÓN

LAS INNOVACIONES CEREBRO-MENTALES DE LA ESPECIE HUMANA

CAPÍTULO 9

LA TRÍADA DEL *HOMO SAPIENS*

Cualquier clasificación de las funciones mentales (y de sus correlatos neurobiológicos) que intente separar, con precisión, aquellas que compartimos con otras especies de aquellas que son atributos exclusivos de los humanos, enfrenta enormes dificultades, tanto teóricas como prácticas. Dado el hecho de que el cerebro del *Homo sapiens* es el resultado de una muy larga evolución, y dado que la evolución no trabaja con un rediseño completo de dispositivos y atributos, sino a partir de agregados, modificaciones y rearrreglos de los dispositivos previos, se producen inevitables líneas de continuidad entre las características antiguas y las más nuevas. Por ejemplo, en las funciones cerebro-mentales hasta aquí estudiadas, vemos que la memoria, capacidad biológicamente muy primitiva, despliega con la llegada del lenguaje una nueva versión, que se suma a las anteriores. Esta versión agregada, que no reemplaza a las antiguas, es la que conocemos como memoria declarativa. Lo mismo pasa con la atención y las percepciones, sujetas en los humanos a la influencia *top-down*, mucho más fina y selectiva, de las regiones prefrontales que las organizan y seleccionan. Y esto en concordancia con la definición de objetivos, planes y metas, que ahora pueden ser abstractos y de largo plazo. También ocurre con la racionalidad, que da un salto evolutivo trascendental al agregarse a las operaciones lógicas elementales de otras especies la lógica formal, que permite pasar de la posibilidad de contar hasta tres o cuatro ítems –límite de muchas especies– al desarrollo de un nuevo lenguaje abstracto

generado por las matemáticas. Está a la vista el enorme enriquecimiento derivado de esa transición neurobiológica.

Las capacidades que examinaremos a continuación: *comunicación y lenguaje, función ejecutiva* (que incorpora propósitos abstractos de largo plazo) y *conciencia superior*, no aparecen en nuestra especie de la nada. Al lenguaje hablado le anteceden distintas formas de comunicación, aun sonoras, aparecidas en otras especies, tales como aves, ballenas y monos. Ciertas formas de conciencia (estar despierto y alerta, responder selectivamente a los estímulos, etc.) existen desde los insectos en adelante. Por último, propósitos de plazo largo también están presentes en la avispa, que construye su nido y caza la oruga que alimentará a la próxima generación; en las aves, que construyen nidos; en el pingüino emperador, que empolla sin alimentarse en el frío antártico; en la ardilla, que guarda bellotas para el siguiente invierno, etc.

La cuestión que surge, entonces, es por qué clasificamos estas tres facultades (lenguaje, conciencia superior y función ejecutiva con propósitos abstractos de largo plazo) como exclusivamente humanas, cuando también existen, en cierto nivel, en algunas especies que llamamos inferiores. La respuesta está, a lo menos, en tres factores:

- El enorme salto cualitativo que estas capacidades significan.
- El atributo de ser “recursivas”, es decir, que intervienen, modifican y modulan facultades más antiguas.
- El hecho de que hacen posible una existencia orientada por propósitos flexibles de largo plazo, que cada cual puede elegir conscientemente.

Si bien la memoria, las emociones y la racionalidad tienen incontables interrelaciones, y todas ellas, actuando aisladamente o en conjunto, influyen retroactivamente (*top-down*) la atención y su focalización, como asimismo la selección de las percepciones, no producen en la economía general de los procesos y las funciones mentales el mismo impacto que aquellas facultades humanas que nos definen como especie. Estas

últimas *determinan, orientan y procesan la capacidad solo humana de generar, y sobre todo elegir conscientemente, propósitos flexibles y abstractos de largo plazo.* Se puede sostener que esta capacidad, en sí misma muy compleja, es el atributo que mejor caracteriza a nuestra especie, pues puede ordenar, organizar y alinear todas las demás competencias cerebrales. En efecto, como hemos visto y veremos, son los propósitos, objetivos y metas los que orientan –prácticamente en todas las especies– el trabajo cerebral en su conjunto, lo que hace de las demás capacidades y competencias “instrumentos” que sirven a esos objetivos. En el ser humano, cada conducta, meta y submeta es unitaria, y en la vida diaria las hay por miles. Cada una es evaluada según contribuya o no a los objetivos de largo plazo elegidos, y modulada y ajustada cuando corresponde a tales propósitos, pero desechada si los contradice. Como vimos en los capítulos 1 y 2, esta tarea es realizada por las regiones prefrontales, que, debido a su desarrollo y funcionalidad en los humanos, constituyen nuestra mayor diferencia genética evolutiva con nuestros primos primates.

Hemos comentado anteriormente que la posibilidad concreta de predecir el largo plazo es muy escasa. Por esta razón, los propósitos dirigidos al futuro lejano solo pueden ser muy abstractos. Esos propósitos se relacionan con ideas, conceptos y motivaciones de un alto grado de flexibilidad, solo concebibles por nuestra especie, que dispone de una forma de representación abstracta del futuro, como la que puede generar el lenguaje humano y su particular estructura gramatical. La avispa también tiene propósitos de largo plazo, pero ellos generan conductas fijas, inflexibles, automáticas, sin ninguna posibilidad de elección. La ardilla dispone de algún margen de elección mayor, pero no puede dejar de guardar solo bellotas, de cierta forma y en ciertos lugares. Está claro, por último, que la potencia directiva de los propósitos futuros, tanto desde un punto de vista neurobiológico como desde una perspectiva psicológica (mental), se acrecienta cuando los propósitos abstractos de largo plazo son explícitos y además conscientes para el sujeto que los tiene, y que de algún modo los ha elegido. Por

estas razones, consideramos adecuado tratar estas tres capacidades humanas (lenguaje, función ejecutiva, propositividad y conciencia superior) en capítulos especiales.

CAPÍTULO 10

LA COMUNICACIÓN Y EL LENGUAJE

Las interacciones, acomodaciones y comunicaciones de cualquier ser vivo con el ambiente físico y biológico en que habita, y con seres de su especie o de otras, son connaturales al hecho de vivir, y, tal como hemos visto, dieron origen a la evolución de las especies y, con ello, al despliegue de incontables formas y comportamientos que los seres vivos utilizan para sobrevivir, reproducirse y prosperar.

En sentido estricto, llamamos *comunicación* a determinadas formas de interacción o mensajes, que tanto emisores como receptores interpretan de modo similar. De acuerdo a esta muy amplia e inhabitual definición, hay comunicación entre miembros de distintas especies: el rugido amenazante de un león hace huir a las hienas, y el silbido del pastor dirige al perro ovejero. Pero es la comunicación intraespecies la que más interesa a los biólogos, que constatan la enorme cantidad y soportes de los mensajes. Ferhormonas, trinos, danzas, gruñidos, cambios de color, campos bioeléctricos de anguilas o cantos de ballenas son señales que advierten a otros de la misma especie sobre riesgos, oportunidades, espacios con dueño, disponibilidad para el apareamiento, emociones, etc.

De esta gran variedad de *soportes o medios comunicacionales* posibles, los seres humanos hemos seleccionado tres, no solo porque poseen una gran potencia de transmisión, sino también por su posibilidad de integrarse y coordinarse para dar cuenta de mensajes que pueden ser muy complejos, claros, potentes y útiles. El más antiguo de estos medios de comunicación es el

conjunto de posturas, gestos y ademanes que pueden expresar estados emocionales, y que ya vimos en el capítulo correspondiente. El segundo, sin duda el más importante, es el lenguaje hablado y escrito (escuchado y leído), que exploraremos en el resto de este capítulo. Por eso mismo, vale la pena dedicar ahora algunas líneas al tercer medio de comunicación que usamos los humanos y que rara vez se considera como tal.

Se trata de lo que hemos llamado “saber simbólico expresivo”, que utiliza diversas formas metafóricas para comunicar (enviar y recibir) opiniones, sentires, visiones, creencias. Esto es, saberes subjetivos y complejos, para los cuales el lenguaje hablado o la pura expresión emocional “biológica” no son suficientes ni apropiados. El simbolismo comunicativo de una ceremonia religiosa, de una parada militar, de una fiesta popular, de una celebración familiar, de investiduras políticas, de actos escolares, de presentaciones artísticas, etc., está basado en ritos que incluyen ropajes, signos corporales especiales, colores, música instrumental, cantos, bailes, aromas (el incienso, en algunos casos), y a veces el lenguaje hablado. Cada uno de esos eventos requiere un libreto o programa previo, y se concreta mediante una puesta en escena que reúne y articula símbolos de significados muy potentes y profundos para los participantes, y además de alto contenido estético para ellos, o para cualquier observador externo, aunque no comparta las creencias ni el significado de los símbolos que fundamentan los ritos. A muchos amantes de la ópera, el “arte total” de Wagner les produce similar impacto comunicacional. La riqueza y complejidad con que pueden comunicarse los saberes simbólicos expresivos es una competencia predominantemente humana, pero también existe en algunos animales (pensemos en las danzas de apareamiento, en las señales de dominio, sumisión y similares que se observan en muchas especies). Pero es el lenguaje hablado la capacidad neurobiológica que mejor caracteriza a los humanos, y *no solo, como veremos, por su impacto comunicacional y social.*

1. ORIGEN DEL LENGUAJE HUMANO

Aunque muchas especies tienen capacidades comunicativas, el *lenguaje humano* posee varias características que lo hacen incomparablemente superior. La primera es su infinita capacidad de generar mensajes. Aunque las lenguas occidentales operan con alrededor de 40 fonemas (con algo más, las orientales), y con una estructura gramatical también limitada, cada hablante humano puede crear, ya desde los cuatro o cinco años, innumerables oraciones con una gigantesca amplitud de significados posibles. El repertorio comunicacional de las demás especies es muy precario y rígido, tanto fonológica (los sonidos que emiten son pocos y muy concretos) como semánticamente (las significaciones que transmiten son escasas, acotadas e invariables). El trino de un pájaro admite pocas variaciones iniciales, y ninguna cuando es adulto. La danza de las abejas solo puede dar señales respecto a la orientación y distancia de las flores con néctar. Los chimpancés entrenados, luego de varios años de trabajo, pueden producir y entender signos y símbolos que corresponden a varios cientos de palabras, pero nunca se ha logrado enseñarles sintaxis. En su vida natural se comunican entre sí con escasos fonemas, y sin formas gramaticales.

La enorme diferencia que existe entre el lenguaje humano y los sistemas de comunicación de otras especies, aun tan cercanas como los chimpancés, ha hecho que diversas teorías sobre el origen evolutivo del habla (y escucha) humana se mantengan como hipótesis sujetas a discusión. Sin embargo, hay avances recientes que permiten ciertos supuestos plausibles. La emisión de fonemas –elementos sonoros individuales de cada lengua, con una difícil relación con el sonido de las letras– es posible por la especial forma de la laringe y las cuerdas vocales humanas, que los chimpancés no tienen. En el registro fósil del *Homo erectus* (de más o menos 1.500.000 años) se han encontrado indicios óseos (posición del hueso hioides, por ejemplo) que indicarían que entonces se habrían iniciado esas adaptaciones, hasta alcanzar su forma y tamaño actual (luego de varias etapas

y caminos ciegos), hace 150.000 años. En cambio, el hombre de Neanderthal no llegó a las últimas etapas de desarrollo de la laringe sonora.

Por su parte, las estructuras cerebrales de procesamiento lingüístico parecen haber iniciado su evolución mucho antes, en la etapa de nuestros ancestros primates. La lateralización en el lóbulo temporal izquierdo, dominante para la emisión de sonidos, existe ya en ciertos primates, aun cuando una zona especial (llamada *planum* temporal), crítica para la comprensión del habla, se encuentra en ciernes solo en el *Homo erectus*. De esta manera, es posible que el *Homo erectus* haya generado un protolenguaje humano, pues habría tenido las capacidades iniciales de emisión (laringe) y de comprensión (*planum* temporal cerebral) del lenguaje hablado.

Los sistemas de procesamiento cerebral simbólico a través del lenguaje solo alcanzan su maduración en el *Homo sapiens*. La lectura y escritura son capacidades de aparición reciente, y son posibles por las conexiones visuales (lectura) y motoras (escritura) de los sistemas cerebrales dedicados al habla. Es notable que estas conexiones se utilicen también en el lenguaje de los sordomudos, que usa la misma gramática (en este caso gestual) procesada en las mismas regiones del cerebro que el lenguaje hablado.

2. ESTRUCTURA DEL LENGUAJE HUMANO

Una discusión sobre la Neurobiología del lenguaje humano tiene mayor sentido si se vincula con su estructura lingüística y con sus componentes fonéticos en el habla. Se mencionó antes la existencia de fonemas, como la unidad sonora fundamental del lenguaje hablado (y de su comprensión). Es interesante agregar que los niños menores de 3 meses son capaces de emitir (¿y comprender?) fonemas pertenecientes a cualquier idioma natural, capacidad que pierden muy pronto al especializarse en el conjunto de fonemas que constituye su lengua materna. A pesar de ello, pueden aprender en promedio, hasta los

6 o 7 años, los fonemas de otras lenguas, al punto que pueden hablarlas prácticamente sin acento.

El lenguaje está muy altamente estructurado, con variaciones posibles pero limitadas entre las distintas lenguas. Esta estructuración se manifiesta en las formas en que pueden combinarse los fonemas en los llamados morfemas. Las formas de combinación son muy específicas, de modo que las palabras resultantes de los morfemas únicos (como la palabra sol) o combinados (como la palabra solsticio) tienen una organización fonológica prescrita para cada idioma, que más o menos se mantiene para las familias de lenguas (es el caso de las indoarias) en un nivel muy general, y con gran amplitud para todas ellas. Esto se debe a que las regiones posteriores del lóbulo temporal izquierdo que procesan sucesivamente estos elementos constituyentes, tienen una capacidad preprogramada de procesamiento, muy amplia pero no ilimitada. En todo caso, estos sistemas cerebrales operan en la medida en que reciben la información auditiva. Sorderas parciales de distintos tipos (para ciertos tonos, por ejemplo) generan déficits en la comprensión lingüística, porque no se produce el procesamiento fonológico, dado que la información sensorial fue incompleta. Hay evidencias de que este es un caso frecuente en los niños que muestran una baja comprensión del lenguaje.

Por su parte, las palabras tienen varias características importantes. La primera es que son casi completamente arbitrarias en relación con su significado. Decimos casi porque hay escuelas que postulan que al inicio hubo cierta relación onomatopéyica, que se perdió debido a los cambios introducidos en todas las lenguas a través del tiempo. Pero el valor cognitivo de las palabras reside en que representan un primer nivel de significación o simbolización. La segunda característica, que veremos pronto, está dada por la gramática. Las palabras aisladas representan cosas, personas, eventos (sustantivos), características y cualidades (adjetivos), acciones (verbos), relaciones (preposiciones, conjunciones), etc. Lo interesante, desde un punto de vista neurobiológico, es que ellas se mantienen, en los depósitos mnésicos, según diversas categorías (animales,

vegetales, personas y otras) para los sustantivos y ciertos adjetivos, categorías que, por otra parte, son procesadas y guardadas en redes neuronales cercanas pero diferenciadas, de la región temporal posterior izquierda del cerebro. Esto se sabe porque pacientes con lesiones cerebrales circunscritas a esta región pueden perder solo una de las categorías semánticas (vegetales, utensilios, etc.). Por su parte, los verbos y las palabras gramaticales auxiliares, que representan acciones, se manejan en regiones frontales laterales e inferiores, también izquierdas, muy cercanas a las regiones motoras.

A pesar de su complejidad, las palabras tienen antecedentes en otras especies que se comunican sonoramente. Lo efectivamente nuevo en el cerebro humano está constituido por la sintaxis y los auxiliares gramaticales. Estos últimos nos permiten comunicar sucesos de distinta temporalidad, a través de las formas verbales que señalan pasado, presente y futuro, o asignarles carácter probabilístico (a través de las formas subjuntivas), o darles distintas estructuras lógicas (Si... entonces). Estas variedades, y muchas otras posibles, se organizan en frases que, mediante la sintaxis y la posición de las palabras, ordenan las relaciones entre objetos o ideas, para expresar una multitud de significados diferentes (su género, temporalidad, probabilidad, etc.). De hecho, la frase “el perro mordió al hombre” se diferencia solo en el orden de las palabras de “el hombre mordió al perro”. Pero este ejemplo es un muy pálido reflejo de los poderes del lenguaje, pues también podemos decir: “el perro mordería al hombre, siempre que...”, o “¿habrá mordido el hombre a ese perro?”, etc.

Hoy se acepta que las estructuras gramaticales y sintácticas del lenguaje son innatas en el hombre, y que esta capacidad de la mente (cerebro) se podría considerar un “instinto lingüístico”, por lo que no sería solo un “hábito aprendido”, como se pensaba en un pasado no tan lejano. Esto no significa, sin embargo, que no existan en el lenguaje componentes que deben aprenderse. Los componentes aprendidos más evidentes son los lexicales y su vinculación semántica. En cada lengua, cada palabra y su correspondiente significado son una construcción cultural,

que como tal debe adquirirse en su propia cultura. Lo mismo pasa, dentro de los límites de los mecanismos emisores y receptores de sonido, con los componentes fonológicos. Los chinos, por ejemplo, usan medios tonos específicos. Por su parte, el ordenamiento específico de sujeto, verbo y predicado varía de idioma en idioma. Tampoco son iguales el uso de preposiciones y las definiciones de género. Lo que las teorías innatistas sostienen es que las estructuras gramaticales y sintácticas fundamentales son innatas, y que, aunque se expresan de distinta manera en las diversas lenguas, esa diferenciación está sujeta a ciertos principios formales también innatos, que pueden definir como posibles o aceptables solo cierto tipo de variaciones del modelo básico implícito en la gramática fundamental.

Desde el punto de vista de las evidencias probatorias de estas hipótesis, deben distinguirse al menos dos aspectos:

- El lenguaje es un instinto (o propensión biológica) en el ser humano.
- Sus componentes gramaticales son innatos.

El impulso o propensión instintiva a comunicarse lingüísticamente se manifiesta fuertemente en comunidades aisladas que parten sin lenguaje común y que pueden construir uno completo (semántica y gramaticalmente) en solo dos generaciones. El caso más clásico es el de hijos de esclavos en diversas partes del mundo. Los compradores de esclavos africanos, temerosos de los acuerdos y conjuras que podían urdir entre ellos, los adquirían cuidando de que no pertenecieran a culturas que tuvieran una lengua común. De este modo, cada esclavo solo podía comunicarse con sus iguales a través de las escasas palabras y giros lingüísticos que usaba al comunicarse con sus amos para recibir órdenes o darles cuenta de su trabajo. Se desarrollaba así entre los primeros esclavos un protolenguaje, que en la literatura etnográfica se conoce como *pidgin*. Pero esos esclavos tenían hijos, pues a los amos les convenía que así fuera, para incrementar gratis su mano de obra. Y sus hijos desarrollaban espontáneamente un idioma bastante más amplio para comunicarse entre sí, utilizando el *pidgin* de sus padres,

parte del lenguaje de sus amos y parte de los idiomas originales de sus progenitores. Pero como eso no era suficiente, inventaban vocablos y construían sus propias formas gramaticales. Ese lenguaje, todavía a “medio hacer”, era posteriormente perfeccionado por sus propios hijos, nietos de los esclavos originales, hasta que se configuraba una lengua completa, que genéricamente es llamada *creole* por los etnólogos lingüistas. Hoy día hay varios *creoles* que aún hablan algunas comunidades negras, por ejemplo *el creole* jamaicano, el de Lousiana en EE.UU., los de Nueva Guinea (que tuvo un desarrollo histórico algo distinto). También en Panamá, después de la construcción del canal, sus trabajadores (no esclavos) de diversos orígenes crearon un *creole* propio. Lo mismo ocurrió en varios otros lugares.

Lo interesante de estas experiencias, que se manifiestan también en los argots, lenguajes de grupos marginales que desarrollan sus propias lenguas, es la fuerza del instinto o propensión, que, para aparecer, no necesita más que componentes iniciales primarios (*pidgin*, otros hablantes) y una comunidad que requiere comunicarse.

Más atrás hemos señalado que el lenguaje, tal como todas las otras capacidades humanas que dependen de la plasticidad cerebral, tiene los períodos críticos que entonces se indicaron. La mera existencia de estos períodos da cuenta de sus bases biológicas. No habría razón para que este hábito aprendido –el lenguaje– no pudiera desarrollarse en un sujeto que no ha tenido contacto con ninguna lengua antes de los 16 o 18 años. Pero el ejemplo de niños-lobos, o de infantes abandonados (como en el caso de la obra chilena *La niña en la palomera*), que no tuvieron experiencias lingüísticas, y que después de encontrados no desarrollaron lenguaje alguno, indica que se trata de una capacidad de base biológica, que se desarrolla según las posibilidades que abre (y cierra) la neuroplasticidad. Por otra parte, existe la experiencia inversa. Niños que tienen un contacto fluido con determinado idioma muestran una competencia lingüística mayor que la esperable, considerando solo sus experiencias concretas resultantes de oír a las personas de su entorno, particularmente en cuanto a los componentes gramaticales.

La hipótesis de gramáticas innatas tiene varias fuentes. Como se dijo, las lenguas *creole* poseen una gramática completa, que sus hablantes no obtuvieron de fuentes externas, sino muy indirectas, a pesar de lo cual tienen los mismos atributos estructurales y funcionales de cualquier otra lengua. Es sabido que la mayor competencia lingüística de los niños los capacita para conjugar verbos regulares, pues la conjugación de los irregulares debe ser aprendida. Todos hemos oído a niños pequeños decir “andó”, la forma regular del verbo andar, que el castellano cambió por “anduvo” y que, por ser un invento cultural, requiere aprenderse. Se puede asumir que los niños no aprenden las formas gramaticales correctas por memorización, ni los componentes lexicales de su lengua a través de una enseñanza deliberada, aunque para esto último dependen de la riqueza y calidad fonológica y semántica del medio en que aprenden a hablar. Lo único que requiere un niño para hablar una lengua, y hablarla bien, es estar en un medio donde esto ocurra espontáneamente, medio natural que puede ser reforzado por la lectura y otras experiencias audiovisuales. Así, el lenguaje es un dispositivo o instinto biológico natural en el hombre, que tiene algunos componentes innatos (gramática fundamental) y otros aprendidos, como las particularidades sintácticas de su lengua y los aspectos semánticos, fonológicos y lexicales, que, aunque aprendidos, se configuran a partir de precondiciones generadas por los pre-cableados innatos. Los lenguajes gestuales de los sordomudos mantienen estas mismas características, procesadas en iguales regiones cerebrales, para su aprendizaje y desarrollo.

3. FUNCIONES DEL LENGUAJE HUMANO

Tradicionalmente, se asignan al lenguaje humano tres *funciones mayores*:

- Comunicación social.
- Lenguaje interno.
- Influencia sobre otros desempeños cerebrales. Recursividad.

Estas tres funciones, unidas a otras capacidades mentales, hacen posible el surgimiento, desarrollo y transmisión de la cultura. Es cierto que determinadas habilidades y destrezas, que dependen de memorias implícitas, no requieren comunicación oral para ser aprendidas. La relación maestro-aprendiz puede basarse, en ciertos momentos y casos, en la inducción de imitaciones “guiadas” por el que más sabe. La imitación espontánea de comportamientos de toda índole en distintos dominios es un acontecimiento de todos los días. Sin embargo, como veremos a continuación, el aprendizaje imitativo puede ser reforzado por el lenguaje interno de cada aprendiz, mediante el cual se dice a sí mismo: “Esto se hace de tal manera, o con tal técnica”.

3.1. Atributos y distinciones del lenguaje humano

La enorme capacidad y flexibilidad del lenguaje humano se manifiesta, sobre todo, en los muy diversos factores del discurso que puede procesar, establecer y comunicar. Aunque su función original y principal es la comunicación, el lenguaje incorpora los mismos atributos y distinciones a sus otras dos funciones: el lenguaje interno y su recursividad o influencia sobre otras funciones mentales. Debe tenerse presente, además, que aunque en el listado que sigue estos atributos se indican uno a uno, en la práctica operan simultáneamente, en combinaciones infinitas, pero ajustadas a cada situación concreta, por lo que el orden en que aquí los anotamos no tiene ningún valor jerárquico o prioritario.

3.1.1. *Capacidad denotativa o circunstancialidad*

El primer atributo del lenguaje es su *capacidad denotativa o circunstancialidad*. Esto implica que el lenguaje tiene la posibilidad de señalar todas las características de los referentes, es decir, de los objetos del discurso, sean cosas, personas o eventos. Los diccionarios de Borges dan cuenta de la infinita cantidad de ítems que puede incorporar el lenguaje (que se expresa

y se entiende). Este atributo denotativo no solo describe el mundo, sino también los contenidos de la conciencia referidos al sí mismo. Naturalmente, el lenguaje interno (capacidad de reflexión) tiene la misma potencia para describir las demás funciones mentales recursivamente “modeladas” por el lenguaje: percepciones, categorías, conceptos, emociones, conocimientos, etc. Los colores percibidos, al ser nombrados, se pueden categorizar y recordar verbalmente. Lo mismo ocurre con las emociones “sentidas”. Las ideas, al adquirir un soporte lingüístico, se transforman en conceptos, al igual que ciertas creencias, simbolizadas por el lenguaje, llegan a ser poesía.

3.1.2. *Capacidad expresiva*

Al atributo denotativo del lenguaje se suma su *capacidad expresiva*. Como sabemos, el lenguaje puede expresar, manifestar, comunicar a otros y a uno mismo emociones, sentimientos y afectos, deseos, creencias, preferencias, valoraciones, etc. También ideas y conceptos. Es probable que estos últimos, pertenecientes a lo que hemos llamado “saberes objetivos”, y por eso cercanos a las distinciones denotativas, puedan expresarse más fácilmente que los “saberes subjetivos” del primer grupo. Desde un punto de vista neurobiológico, está comprobado que el sexo femenino tiene mayor competencia que el masculino para la expresión (y comprensión) de saberes subjetivos. Además, las mujeres revelan mayor precocidad en el desarrollo del habla, y son capaces de elaborar “teorías de la mente” con mayor certeza.

Es incuestionable la ventaja que ha significado para nuestra especie su capacidad de representar verbalmente cualquier característica, evento o situación, su ocurrencia en el pasado, el presente y el futuro, y en cualquier lugar. La memoria declarativa (procesada consciente y lingüísticamente) nos permite evocar experiencias importantes, contextualizarlas y fecharlas con precisión, aunque hayan ocurrido muchos años atrás. Las especies que carecen de lenguaje no pueden comunicar eventos específicos del pasado, y al parecer, tampoco fecharlos,

aunque sí localizarlos, como las ardillas. Naturalmente, la mirada al futuro (incluida la posibilidad de generar propósitos abstractos de largo plazo) también depende de ese atributo de “temporalidad” del lenguaje.

Como se ha dicho en otros capítulos de este libro, hay evidencias suficientes para pensar que las estructuras lógicas de nuestros saberes objetivos son procesadas en común (de modo no bien conocido) con las estructuras sintácticas y gramaticales de nuestro lenguaje. Se ha llamado la atención sobre la cercanía o identidad de las regiones del cerebro que procesan ambos tipos de competencias. Este atributo lógico de nuestras sintaxis nos ha permitido crear las tecnologías y ciencias que hoy gozamos y sufrimos. Por supuesto, no solo hace posible un saber objetivo, sino también comunicarlo, reflexionar y pensar con él y a través de él.

3.1.3. Atributo de creatividad

Para concluir esta descripción de los atributos de nuestro lenguaje y de las distinciones que nos posibilita, debemos volver a una característica destacada al comenzar este capítulo: la llamada *creatividad*. Se trata de la capacidad, solo humana, de producir y entender infinitas frases, discursos, proposiciones. Esa creatividad es posible porque un finito número de elementos (fonemas, morfemas, léxico y semántica), unidos y combinados de muchas maneras por reglas gramaticales y sintácticas también finitas, generan formas de codificación, al mismo tiempo flexibles y precisas, capaces de producir innumerables versiones del mundo y del sí mismo.

3.2. Las funciones del lenguaje revisitadas

El análisis precedente deja en claro que el habla humana no es solo un instrumento de comunicación social que denota y expresa las características del mundo y de sus acontecimientos. Por supuesto, esta es su principal y más aparente función. Sin embargo, vale la pena detenerse en las otras dos funciones del

lenguaje que se pueden describir (lenguaje interno y recursividad), porque son parte integrante y definitoria de la conciencia superior y de la propositividad abstracta de largo plazo, entre otras, y actúan de conjunto con ellas, en diversas proporciones, según el caso.

La capacidad recursiva del lenguaje –intervenir, influir y aun determinar las orientaciones y desempeños de otras funciones mentales, con conciencia o sin ella, y a través de mecanismos *top-down*– puede ejemplificarse con cierta precisión. La riqueza distintiva de emociones, sentimientos y afectos humanos es posible, como vimos en el capítulo correspondiente, gracias a las finas diferenciaciones que puede hacer el lenguaje. Esto se corrobora cuando se observan los determinantes culturales aprendidos de las expresiones emocionales, que pueden además enfatizarse o modularse verbalmente (interjecciones, prosodias, etc.). Naturalmente, no es solo la capacidad lingüística la que hace posible esta riqueza de distinciones. Ella se sustenta, sobre todo, en la variedad de procesamientos que realiza la corteza cerebral humana, especialmente, en este caso la corteza prefrontal orbitaria.

Cosa similar ocurre con el pensamiento racional objetivo y la formulación de conceptos y juicios. De hecho, como se ha indicado, el lenguaje ordena el pensar reflexivo de acuerdo con sus propios constituyentes semánticos (léxico, por ejemplo), sintácticos y gramaticales. Desde muy antiguo se ha sostenido que la estructura, riqueza y calidad del lenguaje determinan la calidad del pensamiento. Hasta hace pocos años, en Alemania se enseñaba latín, porque se consideraba que esta lengua muerta tiene una especial capacidad para ordenar el pensamiento, y con ello el “lenguaje interior”, y hace así posible “pensar” nuestros sentires, y dar coherencia a la conciencia superior. Algunos lingüistas han propuesto la existencia de un “lenguaje interior” no lingüístico, al que llaman “mentalese”. Hay evidencias que apoyan esa teoría: los animales “toman decisiones y optan”, los pacientes afásicos “enjuician”, las personas privadas de lenguaje “piensan”. Y las introspecciones de sujetos normales rara vez son idénticas al discurso hablado. La existencia del mentalese

hace que las relaciones entre lenguaje y pensamiento, que por supuesto existen, no sean tan claras como se creía, en especial durante el humanismo clásico. Aun así, las capacidades de influencia recursiva del lenguaje, evolutivamente más nuevo que el mentaleso, se aplicarían también sobre este lenguaje interno no lingüístico. Un caso especial es el del lenguaje matemático, que puede comunicarse verbalmente solo en niveles primarios (las cuatro operaciones, geometría elemental, etc.), pues los niveles superiores se comunican mejor, o solamente, a través de ecuaciones, figuras geométricas, números y tablas. La dependencia de los conocimientos matemáticos de su expresión escrita los hace muy particulares, y, sin duda, de difícil transmisión pedagógica. Si se revisan las propuestas más innovadoras y útiles de los especialistas en enseñanza de las matemáticas, se comprueba que todas, sin excepción, recurren a metodologías gráficas, con altos componentes espaciales.

Es bien conocido el impacto del lenguaje sobre la focalización de la atención y, a través de ella, sobre las percepciones, como también su capacidad de aumentar la eficiencia de la memoria. Se repite verbalmente un número de teléfono para no olvidarlo, se llama la atención verbalmente sobre una cosa, persona o acontecimiento: "Mire eso". Prácticamente todos los relatos muy antiguos, antes de la difusión de la lectura, se expresaban oralmente en versos, por ser esta forma literaria más fácil de recordar. La *Ilíada* y la *Odisea*, el Antiguo Testamento, los *Vedas*, etc., son ejemplos destacados de esta práctica.

Los textos antiguos que incorporan y transmiten mitos, epopeyas, creencias y otras formas de saberes simbólico-expresivos, dan cuenta de la capacidad del lenguaje para expresar ideas, afectos y concepciones del mundo a través de metáforas y otras formas literarias y poéticas, que van más allá de la mera descripción empírico-denotativa. Por ello, es posible pensar que el lenguaje humano agrega una tercera forma al nivel de simbolización, que se materializa en la comunicación, pero también en cuanto a lo que hemos llamado saberes simbólico-expresivos. De esta manera, el lenguaje humano es capaz de representar la realidad en tres niveles:

- Semántico, según el significado de las palabras.
- Sintáctico, según su ordenamiento y organización gramatical.
- Metafórico o poético, que estructura visiones y versiones del mundo, a través de mitos, poesías y leyendas.

Por último, la capacidad del lenguaje de manejar la “temporalidad” nos hace posible concebir el pasado (la historia y nuestra historia), y también pensar el futuro, utilizando el lenguaje y sus símbolos para formular planes abstractos orientados al largo plazo. El conjunto de estas funciones: comunicar, lenguaje interior y reflexión (pensamiento consciente), y modulación de otras a través de la recursividad, está en la base de lo que a partir del lenguaje hace nuestra conciencia superior, distinta a la de otras especies, esto es, consciente de sí misma.

4. DISPOSITIVOS NEUROBIOLÓGICOS DEL LENGUAJE HUMANO

La Neurobiología del hablar es, probablemente, la mejor conocida entre las capacidades cerebrales superiores del hombre. De hecho, la región cerebral específica encargada de procesar la expresión lingüística (corteza frontal posterior e inferior izquierda, o región de Broca) fue la primera descrita (1856) entre todas las funciones cerebrales que admiten una localización espacial. Solo diez años después se identificó la región que procesa la comprensión lingüística (lóbulo temporal posterior-superior izquierdo o región de Wernicke). Posteriormente, se avanzó en la descripción de las múltiples conexiones existentes entre estas regiones con prácticamente todas las demás regiones cerebrales, conexiones que cubren la multitud de tareas que pueden ser mediadas por el lenguaje. Entre estas se encuentran las conexiones con áreas visuo-espaciales, que hacen posible la lectura; con áreas frontales y motoras que nos permiten escribir; con el sistema límbico, que vinculan la memoria y las emociones con el lenguaje, y con las regiones prefrontales que posibilitan la expresión y comprensión de

saberes objetivos (conceptos, juicios, etc.) y saberes simbólico-expresivos y metafóricos. La Ilustración 6 muestra, de manera muy simplificada, la tupida malla de redes y conexiones neuronales que sustentan las funciones lingüísticas, incluyendo sus relaciones con la audición y la fonación.

Los atributos y funciones del lenguaje lo convierten en un instrumento fundamental para realizar exitosamente la tarea de conocer y saber, anticipar y predecir. De ahí el generalizado énfasis en el aprendizaje de la lengua. Suele olvidarse, sin embargo, que el objetivo final no es “saber” gramática, sino aplicarla. Tampoco “saber” semántica, sino disponer de un vocabulario tan amplio como sea posible, para describir el mundo haciendo las necesarias distinciones de temporalidad, probabilidad y certeza, y los juicios verdaderos que correspondan. La lectura de la mejor literatura no tiene como objetivo, salvo para los especialistas, conocer la vida y las técnicas de los escritores. Leer ayuda a conocer cómo se expresan bien las ideas, cómo se describen la naturaleza y los estados de ánimo, de qué manera se puede hablar consigo mismo (reflexionar), cuál es el vocabulario más adecuado, etc. Todo esto podría lograrse si la lectura fuera un placer para niños y jóvenes. Sin embargo, la lectura no reemplaza el discurso hablado, bien hablado, que los estudiantes requieren practicar para aprender su lengua, y a través de ella comunicar, reflexionar y pensar.

CAPÍTULO 11

LA REGULACIÓN SUPERIOR DEL COMPORTAMIENTO Y LOS PROCESOS EJECUTIVOS

A lo largo de este libro se ha examinado un vasto número de capacidades y dispositivos cerebro-mentales que cumplen con el objetivo general de aprender para conocer y saber, y desde ahí poder predecir para actuar con eficiencia y éxito. En la investigación neurobiológica y neuropsicológica moderna del cerebro y de la mente, se hace cada día más claro que estas facultades y procesos se ordenan y alinean sinérgica y constructivamente, tras la obtención de objetivos y metas. También hemos señalado que, en cualquier instante de la vida, se generan múltiples metas y submetas relacionadas con distintos objetivos, en diversos dominios (sociales, lingüísticos, cognitivos), y que enfrentan la exigencia de ser consistentes y coherentes entre sí. Hemos dado ejemplos concretos respecto a la multitud de metas que en cada momento aparecen para resolver problemas de variada importancia, magnitud y temporalidad. Recuérdese el niño que deseaba tomar helados, el joven estudiante que quería ir a España, o el automovilista que necesitaba llegar a tiempo a su trabajo.

En este capítulo analizaremos de modo más integrado los dispositivos neurobiológicos “dedicados”, por así decirlo, a la construcción de planes y programas que se orientan a lograr ciertos objetivos, los orígenes neurobiológicos de tales objetivos, y el papel regulador que ellos ejercen sobre el comportamiento, ajustando y orientando todas las conductas y los dispositivos cerebrales que las correlacionan, en las direcciones requeridas por las metas y submetas constituyentes de los planes de acción.

1. LA DEFINICIÓN DE OBJETIVOS Y METAS. LAS MOTIVACIONES

En la definición de metas y procesos neuropsicológicos, las *motivaciones* que han aparecido en varios capítulos, como sustrato y orientadoras de ellos, requieren una descripción más detenida. Se las describe como impulsoras y controladoras de propósitos, de cualquier nivel de importancia (triviales o trascendentales) y de cualquier temporalidad (corto, mediano, largo plazo). Ellas se originan en los deseos y en las creencias, que se articulan con las situaciones y problemas concretos según las expectativas de logro que en cada caso se detecten.

1.1. Los deseos

Llamamos *deseos* al conjunto muy abigarrado y complejo de impulsos, tendencias, necesidades, pulsiones e inclinaciones orientadas al logro de un bien o de un resultado (o de varios). Estos bienes o resultados son enormemente diversos. Por ejemplo: saciar la sed, el hambre, o satisfacer el instinto sexual (impulsos biológicos básicos), obtener reconocimiento o prestigio social, conocer nuevos lugares y personas, tener determinada profesión, conquistar a determinada pareja, desarrollar virtudes altruistas para satisfacer afanes caritativos o de bien público, etc. Estos deseos pueden referirse al muy breve plazo, como la sed, o al muy largo plazo, como la necesidad de reconocimiento o el ascenso a altas posiciones políticas o empresariales. Algunos operan en fases, como el hambre (saciedad-necesidad de alimentos), mientras otros están siempre presentes y subyacen a casi todas las conductas, como el deseo de prestigio y reconocimiento. Con frecuencia, los deseos se manifiestan como intereses permanentes y precisos, como el deseo de viajar o de ser futbolista, pero en algunos casos son vagos, y solo generan una actitud positiva (o negativa) respecto del ámbito general de inclinaciones (por ejemplo, el gusto por la música).

Los deseos se relacionan con el carácter de cada cual, pero siempre son modulados o desencadenados por el aprendizaje

de cada persona en su propio ambiente. El hambre se sacia de diversas maneras en distintas culturas. El reconocimiento y las profesiones de prestigio se buscan en sectores y en ámbitos cuyo valor ha sido aprendido. Las parejas, los trabajos y los estilos de vida se atienen a las variedades que ofrece el propio entorno social, y a los niveles jerárquicos que cada cultura, subcultura y grupo asigna a tales actividades. En ciertas épocas y lugares, la aspiración más alta era ser noble, militar o sacerdote. Actualmente, quizás ser macroempresario, científico de primer nivel o artista famoso. Cada cual debe elegir un estilo de vida, un tipo de trabajo, un círculo de amigos y ciertas formas de entretenimiento de acuerdo con sus propias inclinaciones y deseos. Por su parte, los deseos se ordenan y organizan en relación con las creencias y expectativas. Efectivamente es así, pues, entre la variedad de ofertas de actividades, comportamientos y logros posibles que pueden encontrarse en el medio específico en el que cada cual vive (su cultura), se debe elegir (no siempre conscientemente) las que parezcan responder mejor a los propios impulsos, intereses, vocaciones, tendencias, inquietudes e inclinaciones (todos conceptos que matizan los deseos). Y esto de acuerdo con las percepciones e ideas que se tengan sobre cómo operan la realidad y uno mismo, en el particular espacio del mundo al que se orientan los deseos. Estas percepciones e ideas son, por supuesto, las que llamamos creencias.

1.2. Las creencias

Las *creencias* son modelos de la realidad que cada cual ha desarrollado y que considera “verdaderos”, pues cree que así funcionan efectivamente el mundo exterior y el propio yo. Como en capítulos previos se han examinado suficientemente estos conceptos, bastará ahora con agregar solo algunas precisiones.

La primera es que estos modelos de la realidad son tremendamente dinámicos. Fuera de las importantes excepciones que se indicarán más adelante, están permanentemente sometidos a cambios, ya por variaciones percibidas de las condiciones ambientales (sociales, culturales, geográficas y físicas), ya por

modificaciones personales (crecimiento y desarrollo, edad, nuevas parejas o trabajos, etc.). La segunda precisión es que estos modelos son compartidos con otras personas de modo decreciente, y con ciertas variaciones individuales, según se alejan del individuo los diversos grupos de referencia: la familia, los amigos, los compañeros, las subculturas, y la cultura general en la que se convive. La tercera característica es que, a pesar de los cambios indicados, los modelos del mundo tienen un núcleo de creencias firme y estable que admite pocas variaciones, y alrededor del cual se ordenan de modo coherente, como en varios círculos concéntricos, más modificables mientras más se alejan de las creencias nucleares. Entre las creencias más nucleares están, por supuesto, las que se refieren a las leyes físicas con las que opera el universo (gravedad y peso, luz y secuencias circadianas, agua y sus características, aire y su disponibilidad, velocidad y fuerza centrífuga, etc.). También forman parte de las creencias nucleares invariables las que dependen de nociones básicas como causalidad, axiomas lógico-matemáticos, gramáticas y lenguaje. Por último, se incluyen en dichas creencias ciertas normas y reglas fundamentales que estructuran las relaciones sociales, con las particularidades que les introduce cada grupo o cultura (religiosas, morales, ceremoniales, etc.). En los círculos de variabilidad intermedia están las normativas jurídicas y procedimentales que regulan comportamientos, trabajos y jerarquías sociales. Por último, las que presentan más diversidad son las creencias relativas a estilos de vida, entretenimientos, vestuario, etc. Es muy importante considerar que las jerarquías (círculos concéntricos) en las que se ordenan los distintos tipos de creencias (y también los deseos) son culturalmente determinadas, es decir, aprendidas, excepto las relacionadas con leyes físicas y nociones axiomáticas básicas. En estas últimas varían sus contenidos pero no sus formatos estructurales.

Las sociedades feudales, las musulmanas fundamentalistas o las liberales modernas son ejemplos de estos arreglos que no requieren mayor explicación. Como ya hemos visto, las creencias tienen un doble origen. Algunas las hemos llamado innatas, y son generales para todos los miembros de la

especie humana, como las nociones de causalidad y similares. Por ejemplo: creer que todas las cosas, situaciones, normas, comportamientos, etc., son efectos de alguna causa. Otras creencias son constructos culturales que, aunque no pueden escapar a los límites que imponen las estructuras neurobiológicas innatas, constituyen el amplísimo despliegue que organizan los lenguajes y las culturas. Hablamos de límites innatos, pues es evidente que ninguna cultura o civilización que cree que es bueno matar o robar (dentro de sus miembros) puede sobrevivir. Por otra parte, también las creencias, en cuanto modelos, visiones, o mejor aún, versiones del mundo, pueden ordenarse de acuerdo a lo que en un capítulo anterior hemos llamado “los dos saberes”. Algunas creencias corresponden al saber objetivo (empírico-denotativo), y otras, a saberes subjetivos (simbólico-expresivos). En nuestro actuar concreto de cada día, en el que operamos sobre la base de creencias específicas, adecuadas a cada situación (nuestra versión del mundo y su funcionamiento), solemos mezclar, en proporciones infinitamente variables, saberes subjetivos con objetivos. Cuando alguien busca una casa para vivir, tiene en cuenta si le gusta la arquitectura, o la belleza del jardín (preferencias subjetivas), pero también el precio, la cercanía al trabajo, al colegio de los niños, y otras consideraciones objetivas.

1.3. Las expectativas

El ejemplo anterior muestra cómo opera la mente. En realidad, quien busca casa tiene deseos: mayor espacio, cocina más grande, etc. También tiene creencias: tal barrio es más seguro, más bonito, los precios son factibles. En el acto mismo de decidir, la separación entre deseos y creencias es más o menos artificial, pues actúan casi siempre (o siempre) en conjunto. Voy al estadio porque deseo ver el partido (me gusta el fútbol), y creo que los dos equipos tienen buenos jugadores. Llamamos *expectativa* al estado mental que consiste en suponer que las motivaciones, compuestas de deseos y creencias específicas, pueden concretarse satisfactoriamente en determinada situación

(expectativas positivas), o, por el contrario, no pueden concretarse (expectativas negativas). En este último caso, la opción se desecha, y se busca otra manera de hacer realidad las motivaciones. Ambos tipos de expectativas definen conductas y acciones.

Es evidente la importancia de las motivaciones en el aprendizaje. Desde la disposición o actitud inicial a saber más de determinados asuntos que sirven a los deseos y creencias de cada uno, hasta la valoración de las informaciones que han de depositarse en la memoria, los procedimientos decisorios (compro esta casa, o busco otra; estudio, o voy al cine) están mediados por lo que llamamos procesos ejecutivos.

2. LOS PROCESOS EJECUTIVOS

Hemos insistido varias veces en que las orientaciones biológicas más fundamentales del aprender para poder predecir, adquieren en el hombre –que a través de la cultura y las tecnologías construye sus propios entornos– dimensiones de una complejidad, novedad y extensión planetarias, incomparables con las de cualquier otra especie. Hemos analizado también el modo como nuestras predicciones se concretan a través de la planeación y organización de la conducta dirigidas a metas. A su vez, los objetivos y metas, cuyos contenidos dependen de las motivaciones, se traducen en planes de acción y estrategias que orientan y controlan los comportamientos y la toma de decisiones. Por otra parte, hemos conocido uno a uno los dispositivos, funciones o facultades cerebrales y mentales que permiten adquirir, depositar y recuperar informaciones y conocimientos (percepción, memoria, emociones), y las que ordenan, organizan y hacen disponibles distintos tipos de saberes: racionalidad y saber objetivo, lenguaje y comunicación, sociabilidad e individuación.

Dado el complejo conjunto de informaciones contenidas en las páginas precedentes, cabe ahora analizar de qué manera el cerebro que conoce, genera planes y programas dirigidos

submetas. Incorporar el conjunto de objetivos, metas y submetas que el cerebro procesa al mismo tiempo en un momento dado, haría la figura ilegible, y la explicación innecesariamente compleja. Sin embargo, como veremos a continuación, una función muy específica de los procesos ejecutivos es individualizar, aislar y estimular los componentes correspondientes a cada meta y submeta, inhibiendo los impulsos inadecuados y contradictorios provenientes del estado interno del cuerpo, del cerebro o del medio exterior. Esta capacidad ejecutiva nos lleva a considerar a continuación los siguientes componentes de ella: la inteligencia general, la atención ejecutiva, la memoria de trabajo y los mecanismos de toma de decisiones.

2.1. La inteligencia general

Hace más de un siglo que William James propuso que las conductas inteligentes eran aquellas que hacían posible resolver problemas nuevos, con propuestas y comportamientos innovadores y creativos. Posteriormente, muchos autores discutieron este concepto, porque los tests de inteligencia desarrollados para medir el coeficiente intelectual (CI) no necesitaron incluir el factor G, como fue denominada la inteligencia general por Charles Spearman, en la primera mitad del siglo XX. De hecho, el test más frecuentemente usado hoy día (test de Weschler) incorpora varias secciones, cada una de las cuales mide distintas competencias específicas (memoria, juicio, lenguaje, cálculo, capacidades constructivas sensorio-motoras, etc.), pero no las emociones ni la así llamada inteligencia general. Sin embargo, esto cambió luego que neuropsicólogos clínicos, estudiando pacientes que presentaban daños exclusivamente en el lóbulo prefrontal, encontraron que estos, aunque mantenían CI normales, habían sufrido considerables cambios de carácter y de conducta, y eran incapaces de tener desempeños sociales y laborales mínimamente adecuados y productivos. Con el desarrollo posterior de tests y sistemas de medición más específicos, destinados a detectar la capacidad de generar planes para resolver problemas (cognitivos, emocionales o sociales), se ha

propuesto, lográndose un acuerdo generalizado, que podemos llamar *inteligencia general* a las capacidades que dependen y se manifiestan en los procesos ejecutivos, y que son, por así decirlo, independientes de los contenidos motivacionales, cognitivos, mnésicos, racionales, perceptivos o emocionales, pero que operan con ellos y a través de ellos, para planear, ejecutar, controlar, modificar o inhibir comportamientos orientados a cumplir metas. En este aspecto cabe puntualizar que la gran cantidad de artículos y libros que destacan la existencia de “inteligencias especiales” (social, emocional, matemática, artística, etc.) son en general correctos, en cuanto aluden a facultades o capacidades específicas de procesamiento cerebral. Sin embargo, suelen olvidar la inteligencia general, ejecutiva, que usa tales competencias para lograr una meta en torno a la cual las integra. Con la computación moderna, que puede programar y formatear la información que llegue, hemos aprendido que estos procesos puramente formales (sin contenidos explícitos) no solo son posibles, sino también extremadamente importantes. Recordemos, por otra parte, que son precisamente el lóbulo prefrontal y las estructuras relacionadas con el lenguaje lo que mayormente nos diferencia de nuestros primos, los chimpancés.

2.2. La atención ejecutiva

En la *atención ejecutiva* pueden distinguirse dos componentes. El primero se relaciona con la selección del impulso (motivación) que identifica un objetivo deseable (o evitable), para lograr el cual se estructuran planes con metas y submetas. Este objetivo puede surgir internamente, y en competencia con otros impulsos también presentes, pero las expectativas derivadas de las circunstancias concretas lo hacen más vigente. También, claro está, puede surgir de acontecimientos externos inesperados que signifiquen oportunidades o amenazas. Cualquiera sea el motivo de su instalación, la atención ejecutiva será focalizada y selectiva, es decir, dirigirá todas las competencias pertinentes hacia ese objetivo (percepción, memoria,

saberes emocionales y saberes objetivos, etc.), e inhibirá lo que no corresponda. Este segundo componente, inhibitorio de la atención focalizada, es extremadamente importante, pues define los límites dentro de los cuales, en ese momento, el pensamiento puede hacer distinciones y juicios, y los marcos que permiten acciones específicas. El poder de la atención focalizada y selectiva es tan potente, que puede hacer olvidar un dolor de muelas mientras se observa un espectáculo muy interesante, o desentenderse de su ambiente y de su familia como el proverbial sabio inmerso en sus reflexiones.

2.3. La memoria de trabajo

La *memoria de trabajo* consiste en dos capacidades o procesos interrelacionados. El primero, más propiamente ejecutivo, es identificar, entre todos los conocimientos y saberes disponibles, conscientes o no conscientes, aquellos específicos y pertinentes que deben usarse para hacer posible el plan, programa o acción que se quiere desarrollar. Nuestro niño que quería helados, para planear su estrategia de acción y programar su conducta, debía tener en mente no solo su deseo y la satisfacción que esperaba lograr con el helado, sino también una cantidad de informaciones, es decir, conocimientos y saberes que le harían posible (o no) lograr su objetivo: la existencia de un vendedor, y la de sus sabores preferidos; el precio, comparado con el dinero con que contaba; la opinión de su madre sobre tomar helado y salir solo a la calle, la distancia entre la heladería y su casa, la hora del día menos riesgosa, el clima (calor o lluvia), etc. Como se ve, en este listado de conocimientos necesarios para simplemente tomar un helado, los hay de distinto tipo: concretos y específicos (helados, heladería), normativos (opinión de la madre), económicos (precio), lingüísticos (pedir el helado). La mayor parte corresponde a memorias explícitas declarativas episódicas, en tanto existe el recuerdo de las satisfacciones obtenidas en ocasiones anteriores al tomar helados, pero también semánticas (el helado es agradable cuando hace calor). Hay asimismo memorias implícitas (mapa del camino

para llegar a la heladería y volver a la casa), significado de las palabras y reglas sintácticas necesarias para construir las oraciones para pedir el helado, etc. Este muy incompleto recuento de los conocimientos requeridos para lograr una meta tan simple como tomar helado, se incorpora aquí para dar una idea de la multitud de informaciones que la memoria de trabajo ejecutiva debe identificar y seleccionar para cumplir cualquier meta.

El segundo componente de la memoria de trabajo se denomina “espacio de la memoria de trabajo”, y está constituido por los recuerdos e informaciones de todo tipo (como los indicados anteriormente), y las intenciones que orientan la estrategia (tomar helados), que deben mantenerse “en línea”, esto es, activados y disponibles para cumplir su papel predictor y su función de poner en marcha las conductas orientadas a metas. No es posible tener toda esta información al mismo tiempo en la pantalla de la conciencia. Por esta razón, la estrategia neurobiológica subdivide las metas en submetas sucesivas, más pequeñas, con menos elementos (conocimientos) constituyentes, y por ello más fáciles de alcanzar. Sin embargo, mientras se ejecutan las submetas, la meta general debe estar presente, de un modo tal que permita controlar el ajuste de cada una con el objetivo general buscado, y ejecutarlas en el orden (algoritmos) más eficiente posible. Esta necesidad de control y retroalimentación permanente es el siguiente proceso ejecutivo que debemos analizar.

3. EL CONTROL SUPERIOR DEL COMPORTAMIENTO

En el primer capítulo indicamos que una de las características más importantes del cerebro es el masivo procesamiento en paralelo de la información, y también la constante y masiva retroalimentación. Entre ambas explican la permanente revisión y ajuste del procesamiento de la información, realizado por todos y cada uno de los niveles secuenciales en los que se ordenan las diversas redes neuronales, por el nivel inmediatamente

superior, y en la mayoría de los casos, incluso por niveles de mayor jerarquía funcional. Esta arquitectura anátomo-funcional explica la activación y/o inhibición requerida para lograr procesamientos armónicos, coherentes e integrados de estímulos de abajo-arriba (*bottom-up*) o de arriba-abajo (*top-down*). Una manifestación de altísima importancia de esta arquitectura es el control superior del comportamiento por parte de los procesos ejecutivos que regulan y ajustan las conductas orientadas a cumplir metas.

La *Neurobiología de los procesos ejecutivos de control superior del comportamiento* y de los dispositivos específicamente encargados de cumplir esta tarea, es más o menos bien conocida desde hace poco tiempo. La tarea de *control y ajuste* es constante, porque siempre el individuo está haciendo algo y con algún propósito, que determina metas y submetas. Aunque esté solo pensando, lo hace respecto de algo (idea, sentimiento, recuerdo, etc.), que para ser pensado requiere el mismo aparataje neurobiológico, aunque sea a modo de simulación de conductas o actos del habla. Los dispositivos neurobiológicos mencionados, todos de la región prefrontal, constituyen un sistema neuronal “dedicado”, que procesa el resultado positivo o negativo de cada acción destinada a lograr metas y submetas. Este sistema se conecta con el resto del cerebro a través de haces axonales, que transmiten a la región prefrontal información (*bottom-up*) de lo que ocurre en la realidad externa y en el propio cuerpo (información necesaria para el control y ajuste) y en las vías que llevan instrucciones *top-down* que estimulan o inhiben las regiones asociativas (percepción, memoria, emoción, racionalidad, motricidad), pertinentes con las submetas que se buscan, de acuerdo al propósito de la conducta en marcha. En el capítulo 1 indicamos las bases neuronales de estos procesos, especialmente cuando analizamos los principios que informan el funcionamiento conjunto del cerebro. Todo este aparato neurobiológico hace posible el control y el ajuste de cada conducta o miniconducta con los propósitos, metas y submetas, generando tres capacidades humanas de enorme importancia:

3.1. La flexibilidad

Los dispositivos indicados son capaces de saber (medir) si la estrategia y las submetas son exitosas y apropiadas a la meta, y cuando no lo son, pueden modificarlas o cambiarlas. Esta *flexibilidad* conductual, que no se encuentra al mismo nivel en otras especies, mucho más rígidas, hace posibles los ajustes de cualquier acto o conducta al objetivo buscado. Más aún: si la meta definida se muestra no factible, puede cambiarla, seleccionando otra.

La flexibilidad es uno de los atributos más importantes de la Neurobiología humana, como se detalló en el capítulo 2. Dado que las predicciones son muy rara vez absolutamente ciertas, el cerebro es, de hecho, un órgano probabilístico. Esto implica que con frecuencia las condiciones necesarias para cumplir alguna meta no se encuentren a cabalidad, como era predecible (estadísticamente). De aquí que la flexibilidad para cambiar estrategias o submetas sea indispensable. Por esta razón, el más importante ítem de los tests que exploran procesos ejecutivos está precisamente destinado a medir la flexibilidad de los procesos mentales del sujeto. Cuando se pierde, genera consecuencias conductuales muy graves, como se observa en personas con daño prefrontal.

3.2. La integración de los procesos neurobiológicos y la coherencia de propósitos

Hemos insistido en que cada individuo tiene en un instante dado varias metas y submetas (cognitivas, afectivas, etc.), y referidas a distintas temporalidades (corto y largo plazo). Ellas no pueden ser contradictorias entre sí (cosa que ocurre con la condición llamada “disonancia cognitiva”, en los daños de los lóbulos prefrontales y algunas psicosis), por lo que la mantención de su *coherencia* y sinergia es indispensable. Desde este punto de vista, la selección de metas y conductas apropiadas se realiza mediante el mecanismo neurobiológico descrito más abajo, que busca, estimula y deja pasar (*Go*) las *conductas*

pertinentes a esa meta y coherentes con todas las metas de más alta jerarquía y significación, inhibiendo (*No Go*) las que no lo son. Es patente que el sustrato neurobiológico de la coherencia es la permanente actividad de redes y sistemas neuronales que hemos señalado anteriormente.

3.3. La creatividad

Como se ha dicho, la organización de planes, programas y conductas que resuelvan los problemas que dificultan el logro de determinados propósitos y metas, es probablemente el signo que mejor define la inteligencia general. En la estructuración de programas, pueden y deben utilizarse todos los conocimientos, habilidades y capacidades disponibles y pertinentes para resolver el problema, y alcanzar los objetivos y metas buscados. En muchos casos, las estrategias antiguas y automatizadas no sirven, o son solo parcialmente apropiadas. En tales circunstancias, es menester crear y desarrollar con flexibilidad estrategias innovadoras, utilizando conocimientos nuevos que han de buscarse, o antiguos (y desechados para servir a otros propósitos), o capacidades (afectivas, lógico-matemáticas, lingüísticas, etc.) que a primera vista parecían no atingentes. La habilidad superior que hace posible el descubrimiento de novedosos caminos operacionales para resolver nuevos problemas con flexibilidad y coherencia, es lo que llamamos *creatividad*. El pensamiento y la imaginación creativos se constituyen por la simulación mental (no siempre consciente) de las estrategias (camino y rutas) y de las soluciones (metas y submetas) que resultan más factibles (objetivas y racionales) y con mayor valor y significación (emocionales) para solucionar el problema planteado.

Este modelo de creatividad, resultado del funcionamiento de los procesos ejecutivos, es sin duda muy abstracto. Sin embargo, es fácil ejemplificarlo, pues lo aplicamos a cada momento. El estudiante que quería una beca en España tenía varios problemas que resolver. Debía pensar en cómo encontrar los antecedentes, formatos y condiciones para lograr ese objetivo,

y dónde consultar (¿Internet?, ¿la embajada española?, ¿CONY-CIT?). Debía averiguar cómo preparar la carpeta de antecedentes exigidos (acudir a alguien que ya hubiese logrado la beca y preguntarle?, ¿entrevistar a un profesor con contactos en España?, ¿hacerlo por su cuenta?). Necesitaba identificar en España las mejores universidades para estudiar la especialidad que le interesaba, y quizás alguna ciudad donde su novia (o esposa) también pudiera estudiar. Puede ser que este ejemplo (incompleto, pues habría muchas otras gestiones por realizar) resulte muy trivial, ya que los requisitos de las becas a España están bien formalizados y son fáciles de conocer. Podríamos entonces pensar en alguien interesado en el budismo tibetano, que cree que sus aspiraciones se satisfarán viajando a Lhasa (ahora en poder de los chinos). En este caso, los problemas que debe resolver para alcanzar su meta son mucho más difíciles, y las vías de solución menos conocidas. Sin embargo, los procesos ejecutivos que se deben utilizar son los mismos. Igual ocurre con creaciones más trascendentales, o más domésticas. Einstein debió usar estas altas habilidades para desarrollar sus ecuaciones, y asimismo debió hacerlo Bill Gates para organizar sus negocios, ambos resolviendo problemas que identificaron bien para cumplir sus metas. También debe usarlas el niño que quiere helados, si su familia se cambia a otra ciudad. Sin embargo, la diferencia entre Einstein y nuestro niño se encuentra en la temporalidad, en los plazos en los que se ubica la satisfacción, el logro del objetivo, cuestión que analizaremos próximamente.

4. LA PLANIFICACIÓN Y LA TOMA DE DECISIONES

En la práctica, las situaciones frente a las cuales se deben tomar decisiones son mucho más complejas, confusas y ambiguas que los modelos extremadamente simplificados que maneja la lógica formal, o las explicaciones resumidas anteriormente. Son complejas porque hay muchos elementos que considerar, y que pueden interactuar de manera variable e inesperada. Y

son confusas porque generalmente no conocemos algunos o muchos de los elementos que influyen en la situación, o porque, conociéndolos, no disponemos de suficiente información sobre sus características y atributos. De esta manera, quien debe tomar decisiones tiene a menudo un amplio y variable margen de incertidumbre. Como hemos señalado en capítulos anteriores, este margen aumenta cuando los resultados o efectos de las decisiones son distantes en el tiempo, cuando las bases sobre las que se toman las decisiones están sesgadas por motivaciones con muy fuerte carga emocional, o cuando la meta buscada tiene varios componentes no controlables por el sujeto que decide. Sin embargo, a pesar de esas dificultades, un buen número de personas toman normalmente decisiones eficaces y apropiadas, y son capaces de mantener propósitos de largo plazo.

Es curioso que los avances alcanzados en el último tiempo respecto a las bases neurobiológicas de la toma de decisiones, se hayan producido gracias al trabajo de economistas, antes que por la acción de neurobiólogos. La confluencia posterior de estos dos grupos ha dado origen a una subdisciplina llamada Neuroeconomía, la cual ha posibilitado a tres de sus cultores (todos economistas de origen) obtener el Premio Nobel. No es difícil de entender las razones de la preocupación de los economistas por la Neurobiología de la toma de decisiones. Es un componente nuclear de la doctrina económica lograr objetivos o metas prioritarias (para el individuo y/o la sociedad) con recursos que, por definición, son siempre escasos. Este núcleo doctrinal obliga a los agentes económicos (productores, consumidores, comerciantes, financistas, etc.) a tomar decisiones apropiadas, esto es, fructíferas, en asuntos constantemente ambiguos o confusos, pero prioritarios. Así surgió la pregunta sobre “cómo el cerebro procesa la toma de decisiones”, especialmente en asuntos poco claros. Bien mirado, el sector de los agentes económicos está constituido por toda la población, porque cada uno de nosotros pertenece a una o a varias de sus categorías, por lo menos a la de los consumidores, a la que agregamos otras, como trabajadores, productores, profesionales, comerciantes,

etc. Lo interesante de todo esto es que ahora entendemos mejor cómo el cerebro procesa la toma de decisiones y dónde se localizan estos procesos, pues a los experimentos originados por las teorías de los juegos, base de las investigaciones neuroeconómicas, se agregaron posteriormente la imagenología y los registros neurofisiológicos.

Como se sabe, una decisión es siempre una elección entre posibilidades. Dos o tres, en los casos más simples; muchas, en los casos complejos. Esta diferencia hace que los individuos exitosos en la toma de decisiones son aquellos que fragmentan las posibilidades de los casos complejos en varias de menor envergadura, de modo que las opciones se hacen más manejables. Esto es posible siempre que la meta general pueda descomponerse en submetas consistentes con el objetivo, y más fáciles de abordar. Por ejemplo, a propósito de un feriado largo, surge el objetivo de salir de casa y descansar. Las posibilidades que se abren con ese objetivo general son muchas: varias playas, varios lagos, varias montañas, la casa de los padres en el campo, amigos en otras ciudades, etc. Para mejor decidir, se pueden poner diversas condiciones: cuánto se está dispuesto a gastar, qué distancia se prefiere recorrer, qué lugares resultan más atractivos, qué compañía se prefiere (la cual tiene sus propias metas). Si se consideran estas opciones una a una, deberá también establecerse cuáles son más importantes y en qué orden. Este conjunto de operaciones, que puede aplicarse a cualquier objetivo o meta que permita ser dividido en submetas, se ha llamado “árbol de decisiones”, y puede llegar a constituir patrones (modelos operacionales) estructuralmente similares, cuando en diversas situaciones los “algoritmos” decisionales operados por el cerebro son los mismos. Recordemos que un algoritmo se configura por la existencia de procesos que tienen pasos definidos, siempre en el mismo orden, y con intervalos constantes, aunque sus contenidos sean diferentes. Cuando los algoritmos operacionales del cerebro se estabilizan, generan automatizaciones de las conductas a las que dan origen. De este modo, puede decirse que hay un aprendizaje de las estrategias con que se toman decisiones, aunque, por

cierto, sus contenidos no son iguales. No es lo mismo salir de vacaciones que procurar un ascenso laboral, etc.

La toma de decisiones parece operar mediante una forma de cálculo de las utilidades (satisfacciones) esperadas, según las motivaciones y las metas de cada cual, siempre que las demás condiciones que definen las submetas tengan un valor igual o parecido. Si los recursos y el tiempo de que dispongo, la longitud del viaje, etc., son similares, viajaré al lugar en el cual espero lograr mayor satisfacción; esa será mi meta para ese fin de semana, supuesto que no esté en contra de mis planes de largo plazo. Esa reflexión incorpora las motivaciones y las emociones como instancias que valoran las posibilidades, haciéndolas participar en la toma de decisiones.

Este último punto es muy decisivo para entender cómo trabaja el cerebro. Este libro sostiene que se aprende para saber y conocer, que este conocimiento es vital para anticipar y predecir, lo cual constituye, como se ha insistido, la tarea principal del cerebro que debe tomar decisiones y articular conductas. Ahora encontramos que las decisiones que se toman dependen, hasta cierto punto, de la satisfacción esperada, es decir, anticipada, predicha. Esto significa que la predicción no solo se refiere al estado futuro de la realidad y del sí mismo, sino también al logro que se obtendrá (los neuroeconomistas la llaman utilidad esperada). Es natural que la satisfacción que se espera provenga del logro de ciertas metas apetecidas, y sea una especie de recompensa de ese logro. Tal recompensa, para influir en la toma de decisiones, debe ser conocida anticipadamente; en ciertos casos, con precisión; en otros, algo más vagamente. Se han identificado los grupos neuronales de la corteza parietal cuya actividad (en el mono) se corresponde directamente con la probabilidad y la magnitud de la recompensa. Se sabe además qué conexiones hacen estas redes neuronales con otras regiones del cerebro: sistema límbico, para emoción y memoria; corteza prefrontal, para definición de objetivos, planes y conductas subsiguientes.

Este último arreglo neurobiológico nos lleva al tantas veces mencionado problema de las dimensiones temporales de los

objetivos y metas: inmediatez, corto plazo, largo plazo. Naturalmente, la toma de decisiones tiene la misma organización. ¿Qué decisión tomar ahora, que contribuya a lograr los objetivos de largo plazo? ¿Cómo evitar decisiones contradictorias con esos objetivos? Hay evidencias experimentales que indican que la recompensa inmediata y la de largo plazo se procesan en forma distinta por el cerebro. La primera, por redes neuronales del sistema límbico (dopaminérgicas), que responden a la gratificación, la satisfacción, el placer, y que tienen conexiones con la corteza prefrontal orbitaria que las controla. La segunda, por la corteza prefrontal lateral, con mayor participación del hemisferio derecho, si las situaciones de las que se espera recompensa son nuevas, y del izquierdo y de núcleos de la base, si son de algún modo rutinarias y automáticas.

Nos hemos detenido en estas consideraciones, algo más técnicas, de Neuroanatomía funcional del cerebro en los distintos sistemas de procesamiento de recompensas, porque responden, aunque aún no conocemos todos los detalles, a la pregunta hecha antes y a lo largo del libro: cómo se coordinan los impulsos que buscan la “recompensa inmediata” (placer, satisfacción) que acarrearía una acción, de modo que sean consistentes y no contradictorios con propósitos de largo plazo. Para completar este sistema “precableado” de toma de decisiones, no contradictorias y sinérgicas, debemos recordar un arreglo estructural del cerebro, que hemos mencionado anteriormente. Se trata de las conexiones de la corteza prefrontal orbitaria, que controla, ajusta y orienta los impulsos emocionales, con la corteza prefrontal lateral, que procesa estrategias, planes y programas a partir de objetivos de largo plazo, y con la corteza prefrontal interna (cíngulo) que compara el resultado de las conductas (submetas) con el plan y la estrategia que les dan origen. Esta arquitectura de redes neuronales dedicadas (módulos con funciones específicas) y comunicadas entre sí, hace posible comparar además y apreciar el efecto sinérgico positivo de algunas pulsiones gratificantes inmediatas, con los propósitos de largo plazo, y detectar los potenciales efectos negativos de pulsiones que buscan recompensas inmediatas,

pero contradictorias con tales propósitos. Por supuesto, las pulsiones positivas podrán transformarse en conductas o comportamientos, fenómeno que se conoce como “Go”, porque se “dejan pasar”, y las negativas serán bloqueadas, fenómeno inverso llamado “No Go”, de modo que no se traducirán en comportamientos y se quedarán solo como “tentaciones”, sin llegar a constituir “pecados”.

Se sabe desde antiguo que la especie humana es la que posee la mayor capacidad para retardar las gratificaciones, recompensas y satisfacciones. Cuáles de ellas se postergan depende de los objetivos de largo plazo que cada individuo se formule, asunto que, como hemos visto, es el resultado de aprendizajes familiares, sociales y culturales. Finalmente, son estos aprendizajes los que dan contenido material a los fenómenos “Go” y “No Go”, es decir, a los impulsos que se transforman en conductas y a los que se inhiben. La fuerza de estos arreglos neurobiológicos es muy grande. Recordemos cómo la valentía o la santidad, a partir de objetivos de vida, y por tanto de largo plazo, son capaces de bloquear impulsos y tendencias muy primarias (sobrevivir, no sufrir) para dar el “Go” a conductas que llevan al sacrificio. Los mártires cristianos y los héroes son ejemplos que se escapan muy largamente de los promedios humanos. Pero en la vida cotidiana todos hacemos sacrificios menores para alcanzar una meta individual algo lejana, profesional, laboral, un viaje, etc., o por amor (altruismo) a la familia o al grupo, o por mantener ciertos principios morales. Desde un punto de vista neurobiológico, esto demuestra que la conexión de la corteza prefrontal orbitaria, que controla y ajusta las emociones, incluidas las básicas como el miedo y la ira, con la corteza prefrontal lateral, que procesa objetivos y programas de largo plazo, y con la corteza del cíngulo que evalúa resultados, son todas relaciones de ida y vuelta. Hacen posible bloquear impulsos negativos opuestos a los objetivos y dejar pasar los sinérgicos y positivos. Pero también hacen posible inducir conductas que implican sacrificios, bloqueando los justos reclamos del miedo, la ira o la tristeza.

El retardo de la gratificación tiene otro efecto muy importante. Aunque los impulsos que generan placer inmediato

pueden ser bloqueados en el momento de tomar una decisión específica, pueden corresponder a motivaciones muy sustantivas, o a instintos muy básicos, por lo que la búsqueda de la gratificación se mantendrá, y su bloqueo solo significará una postergación. Un ejemplo elemental es el impulso sexual, que puede ser contenido y bloqueado en ciertas circunstancias, pero que sin duda se mantiene. Más compleja, pero igualmente potente, es la búsqueda de las gratificaciones o satisfacciones que pueden proporcionar el prestigio, los ascensos laborales o la formación de una familia. En todos estos casos, y en los incontables casos adicionales que se pueden imaginar, la gratificación diferida está presente en los objetivos y metas de largo plazo que cada cual se propone. Es en este punto donde la racionalidad entra a jugar como instrumento idóneo para el logro de metas a través de programas y planes de acción coherentes y factibles (objetivos), según la realidad existente. La racionalidad y la “capacidad crítica” que ella sustenta también consideran, desde el punto de vista de la realidad objetiva, o de las competencias del individuo, cuáles impulsos inmediatos que tratan de influir en la toma de decisiones pueden pasar, y cuáles deben ser bloqueados. De esta manera, los dos sistemas de toma de decisiones, de corto y de largo plazo, que aparecen como independientes (y en realidad lo son), se hacen coherentes y coordinados.

Este precableado neurobiológico que articula diversos elementos en la toma de decisiones, está, como todos los demás dispositivos neurobiológicos, permanentemente funcionando respecto a innumerables decisiones que cada individuo debe tomar en cada instante. Recordemos al estudiante que desea ir a España, pero que en este momento decide bajar la escalera, tomar desayuno, etc. Imaginemos que pasa por una situación especial. Ese día está de visita en su casa una seductora amiga de su hermana, que podría aceptarle acercamientos sexuales inmediatos. Están solos en la casa, por lo cual él debe optar entre aprovechar la oportunidad que se le ofrece (con sus eventuales resultados sociales y morales negativos), o llegar a la hora a su examen y entrevista para lograr la beca que desea.

Nuestro estudiante, que, como hemos visto, tiene novia, se despidió cortésmente y se va sin dudarle a su entrevista. Este ejemplo muestra otra característica importante del sistema de toma de decisiones. Nuestro joven había aprendido y automatizado ciertas decisiones conductuales (se fue sin dudar) que operan casi mecánicamente, con lo que se evitan largas reflexiones y ponderaciones acerca de la satisfacción esperada frente a inconvenientes posibles de todo tipo (qué dirán la hermana y las familias si se enteran, está bien o mal aceptar la seducción, qué pasará si llega tarde a la entrevista, etc.).

4.1. Los propósitos abstractos de largo plazo

Este ejemplo del estudiante que desea ir becado a España nos sirve para delimitar mejor lo que llamamos *propósitos abstractos de largo plazo*. Ellos no son en sí mismos planes o programas; tampoco estrategias definidas. Son el marco general, siempre presente de algún modo, que orienta y evalúa los planes específicos y sus ajustes. El joven hace planes para ir a España porque tiene un propósito general que se concreta en esa beca. Pero su interés último es de otra naturaleza y nivel. Quizás lo que quiere es ser un profesional muy exitoso, o tener la experiencia de vivir en otro ambiente. En todo caso, esos propósitos de más largo plazo aún se podrían satisfacer con otros planes (ir a Francia, o a EE.UU., etc.).

Como decíamos en el capítulo dedicado a comunicación y lenguaje, hay una conexión evidente, pero de naturaleza aún no bien conocida, entre el desarrollo del lenguaje y la capacidad, solo humana, de establecer propósitos abstractos de largo plazo. Los niveles de abstracción, que pueden lograrse a partir de la función recursiva del lenguaje, son muy altos. Del mismo modo, las dimensiones de la temporalidad que puede estructurar la gramática se extienden a cualquier pasado imaginable, pero también y sobre todo al futuro; en este caso, a un futuro deseable. Por otra parte, las palabras dan contenido semántico concreto a lo que de otro modo pueden ser solo deseos y creencias muy vagas y desarticuladas, que no llegan a constituir

propósitos suficientemente claros como para servir de marco de orientación y control de conductas definidas.

Más allá de los mecanismos neurobiológicos que hacen posible esta disposición humana a generar propósitos abstractos de largo plazo, es necesario considerar su altísima importancia en el desarrollo personal y social. Recientes investigaciones han mostrado que, en Chile, casi el 20% de los jóvenes de entre 19 y 29 años no estudia ni trabaja, y que al entrevistarlos, algunos no manifiestan sino vagas y fantasiosas ideas sobre su futuro personal. Está claro que el origen de esta situación es que, por diversas razones, no desarrollaron apropiadamente propósitos abstractos de largo plazo que orienten su conducta. Determinar con precisión las razones de estas carencias es de gran importancia social e individual, dado el enorme número de muchachos que las padecen. Por otra parte, es elocuente la historia de naciones, culturas y civilizaciones que “agotaron” sus propósitos de largo plazo y desaparecieron.

El despliegue de propósitos abstractos de largo plazo es más bien lento, pues se establecen más definitivamente al término de la adolescencia. Por supuesto, después pueden cambiar, pero esto no es frecuente. Y nunca son muchos, pues se refieren a muy amplios dominios de la vida personal.

Desde un punto de vista neurobiológico, los propósitos de largo plazo, aparecidos solo en el *Homo sapiens*, constituyen, como está dicho, una de las capacidades que, junto con el lenguaje y la conciencia superior, más nos diferencian del resto del mundo de la vida. Desde un punto de vista social (político, económico y cultural), han hecho posible el desarrollo de las civilizaciones humanas.

Cuando estos propósitos abstractos no están presentes como marco general orientador de la conducta, se producen desastres. Miremos solo nuestros problemas ambientales, que muestran lo que ocurre con nuestra Tierra si no tenemos propósitos de preservarla, además de explotarla. Pero consideremos también lo ocurrido nacional e internacionalmente en los últimos años, en los que se ha asumido la protección medioambiental como un propósito de largo plazo. Ese propósito

ha generado acuerdos internacionales para detener el calentamiento global y la extinción de especies en riesgo, y programas nacionales para preservar y mejorar el medio ambiente. Desde el punto de vista de las personas, contar con propósitos abstractos de largo plazo que orienten las metas de vida y las estrategias que permiten alcanzarlas, hace la diferencia entre el éxito y el fracaso, la consistencia e integridad *versus* la dispersión y la volatilidad.

De esta manera, al examinar la Neurobiología de los procesos ejecutivos, con sus aparatos de planificación y toma de decisiones, aparece de nuevo una de las hipótesis nucleares de este libro. Una buena educación, lograda mediante cualquier tipo de aprendizaje (espontáneo, sociocultural general, o formal y deliberado), depende siempre de tres competencias fundamentales:

- Disponer de un muy amplio acervo o capital de conductas, pensamientos, reacciones emocionales, etc., automatizados, es decir, de aplicación rutinaria.
- Disponer de una capacidad crítica que permita detectar cuándo la rutina no sirve y debe ser modificada o cambiada, y de una flexibilidad que posibilite hacerlo.
- Ser capaz de mantener siempre presentes propósitos abstractos de largo plazo como orientadores de los comportamientos. Esta capacidad de tener presentes propósitos realizables más adelante ha sido denominada “memoria del futuro”.

Notemos que, de esos tres elementos, solo el primero (acervo o capital de conocimientos) corresponde a lo que podríamos llamar contenidos sustantivos o concretos de la mente. Los otros dos, capacidad crítica y propósitos abstractos de largo plazo, corresponden más bien a lo que se ha llamado “habilidades cognitivas superiores”, es decir, competencias formales, “meta-representacionales”, cuyo contenido propio es puramente abstracto, que ordenan, categorizan, alinean, orientan y controlan las demás capacidades (que sí tienen contenidos sustantivos), para definir conductas destinadas a lograr objetivos a través de

metas y submetas. Lo decisivo es que estas habilidades superiores, que forman parte del patrimonio genético de cualquier individuo normal, necesitan ser activadas, estimuladas y desarrolladas para alcanzar el mayor nivel posible. En una palabra, pueden y deben ser educadas.

CAPÍTULO 12

LA CONCIENCIA SUPERIOR

Karl Jaspers, eminente psiquiatra y filósofo alemán de principios del siglo pasado, definió la *conciencia humana* de este modo certero y breve: “la vida mental en presente”. Si se analiza cuidadosamente esta definición, se verá que contiene todos los atributos asignables a la conciencia humana. El concepto de “vida mental” requiere varias especificaciones. La primera es que el conocimiento de la realidad no es directo. El sujeto consciente tiene noticias de ella a través de sus representaciones, que son de muy variada índole (perceptivas, motoras, mnésicas, emocionales, etc.), y que, organizadas según las reglas y sistemas de procesamientos neurobiológicos, constituyen lo que Jaspers llama la “vida mental”. Y cuando le agrega la circunstancia “en presente”, da cuenta de que tales representaciones y sistemas normativos constituyen conocimientos y saberes que están ahí, abiertos y transparentes para el sujeto que conoce. Naturalmente, también el mismo sujeto cognoscente está presente en el estado consciente.

Por otra parte, la misma definición implica que hay formas de la vida mental que no están “en presente”, es decir, que tenemos representaciones del mundo y del sí mismo –conocimientos y saberes, motivaciones y preferencias, apetitos y valoraciones, emociones y afectos– que en un determinado momento no son conscientes, aunque algunas de ellas pudieron serlo en otras situaciones que exigían otros contenidos de conciencia. La Neurobiología moderna agregaría que cierto tipo de procesos mentales, que hemos visto a lo largo de este libro y

que constituyen memorias implícitas o saberes automatizados, por ejemplo, nunca llegan a ser contenidos de la conciencia, aunque son parte de la vida mental no consciente.

Existen muchas otras definiciones de la conciencia humana que no hacen más que explicitar los supuestos que rastreamos en la formulada por Jaspers. Este ejercicio (de definición) nos posibilita entrar de lleno en el estudio de sus atributos neurobiológicos y de sus funciones operativas.

1. LOS ATRIBUTOS NEUROBIOLÓGICOS DE LA CONCIENCIA HUMANA

1.1. La conciencia y la subjetividad

Neurobiológicamente considerada, la conciencia se nos revela como una paradoja, porque es muy bien conocida, y al mismo tiempo un misterio, sobre todo en cuanto al procesamiento subjetivo de las experiencias conscientes.

Sabemos bien cómo el cerebro se mantiene despierto y vigilante por la acción de conjuntos neuronales ubicados en el tronco cerebral –sistema reticular activante–, que proyectan sus axones al resto del encéfalo. Conocemos de qué manera este sistema es modulado por los relojes biológicos que determinan el dormir y la vigilia. Se sabe cuáles procesos y conexiones contribuyen a llevar diversos contenidos (recuerdos, percepciones, emociones, etc.) al “espacio” de la conciencia. También entendemos (es cierto que con menor precisión) cómo la función ejecutiva procesa la toma de decisiones y la consiguiente activación de los efectores sensorio-motores, autonómicos y hormonales que estructuran y constituyen las conductas. Claro está que todo esto podría ocurrir, y de hecho ocurre, con la multitud de conductas automatizadas con las que constantemente operamos sin que el sí mismo consciente se percate. El misterio al que nos referimos es de qué manera *el sí mismo subjetivo*, que habita la conciencia, toma razón, se da cuenta, tiene en presente, esto es, “conoce” subjetivamente las representaciones que contiene su conciencia.

Pero hay más. El sí mismo subjetivo (el vilipendiado “yo”, que según muchos e importantes neurobiólogos no existe) es capaz de intervenir y hacerse cargo conscientemente de muchas conductas automatizadas, instalando y modificando los procesos requeridos. Alguien que sabe conducir automóviles los maneja de modo enteramente automático. Su conciencia subjetiva no participa en dirigir el volante, hacer los cambios, apretar los frenos. Sin embargo, si por cualquier razón la intencionalidad, es decir, la voluntad consciente, brazo operativo del inexistente sí mismo, decide introducir cambios en esta rutina, los procesos y conductas necesarios para conducir el automóvil se hacen conscientes, y pueden ser modificados.

Debe señalarse, por último, que es esta conciencia subjetiva la que nos permite estar conscientes de que estamos conscientes, con lo que, al mismo tiempo que conocemos los contenidos de nuestra conciencia, nos damos cuenta de la presencia de nosotros mismos en ella. Esta característica, que está en el centro de la definición de Jaspers, es la que mejor describe la conciencia humana, llamada por eso mismo superior. No tiene parangón en otros seres vivos, aunque no conozcamos bien los procesos neurobiológicos subyacentes, y es probablemente la razón por la que los humanos nos consideramos, desde siempre, especiales y distintos.

1.2. La alerta, la vigilancia y la atención

Atribuimos un cierto nivel de conciencia a todos los seres vivos (de los insectos en adelante) que consideramos despiertos, *alertas* y *vigilantes*. Aunque en el lenguaje corriente decimos que quien está despierto está “vigil”, en la práctica clínica de los médicos neurólogos se presentan casos de pacientes con compromisos cerebrales de distintos tipos, que están despiertos pero no vigilantes. La *vigilancia* como atributo de la conciencia requiere que el sujeto, además de no estar dormido, tenga la posibilidad de responder a estímulos externos focalizando en ellos la *atención*. La focalización de la atención solo en respuesta a estímulos es un grado inferior de la conciencia, puesto que en

los niveles superiores la atención puede focalizarse intencionalmente, es decir, desde el sí mismo hacia algún objeto externo. Como manifestación más plena de la conciencia, la atención se puede dirigir hacia los propios contenidos de conciencia: pensamientos, recuerdos, emociones. En estos casos, la conciencia vigilante tiene acceso (experiencia) a percepciones focalizadas del entorno y de la propia mente que conoce.

1.3. La conciencia y la identidad

La capacidad de la *conciencia humana* de orientar la atención focalizándola en el ambiente (cosa que pueden hacer todos los seres con conciencia), y también en los propios contenidos de conciencia (reflexión aparentemente solo humana), es uno de los componentes del desarrollo de la propia identidad. Permite diferenciar al sí mismo, no solo de la realidad externa, sino incluso de sus propios contenidos de conciencia, que siendo de algún modo “suyos”, no constituyen su “entidad”, que es estable y permanente. Basta un elemental ejercicio de introspección para darse cuenta de que conceptos, juicios, sentimientos, etc., son, por su propia naturaleza, dinámicos y mutables, por lo que carecen de la necesaria permanencia requerida por la noción de identidad.

La noción de *identidad* se fundamenta y consolida, además, a partir de la constante, masiva y no consciente (excepto cuando es necesario) llegada al cerebro de informaciones del propio cuerpo. La piel, los músculos, las articulaciones, las vísceras, etc., están constantemente descargando hacia el cerebro señales neurales, que le informan de su estado y sus cambios. Estas señales se hacen conscientes solo si los cambios que transmiten son intensos e importantes, es decir, cuando significan oportunidades o amenazas para el bienestar personal. Como el propio cuerpo cambia muy lentamente (excepto si hay accidentes mayores, o enfermedades que generan síntomas perceptibles), sus señales son repetidas, rutinarias, siempre iguales, con lo que establecen patrones permanentes de activación que sirven de base para fijar la noción de identidad, del sí mismo.

Una tercera fuente de la noción de identidad es aprendida, y mucho más compleja. Se trata de los modelos estables o “versiones de la realidad” aportados por la propia cultura. Los códigos familiares, el lenguaje, la religión, las costumbres, etc., que identifican a las personas en y con sus culturas, también son aprendidos, pero a partir de los poderosos parámetros que analizamos en el capítulo sobre la Neurobiología de la vida en sociedad (la identificación fuertemente emocional con el grupo de referencia, frente al cual se despliegan capacidades y afectos, y del que se espera reciprocidad y reconocimiento). Aunque esta digresión sobre la noción de identidad nos ayuda a comprender por qué cada cual se siente conscientemente otro, distinto, y de algún modo especial (en síntesis, un sí mismo), los mecanismos que constituyen la identidad no resuelven el problema de la experiencia subjetiva.

1.4. Lucidez y agencia intencional

Se conoce como *lucidez* la capacidad de la conciencia para orientar intencionalmente la atención hacia el mundo y hacia el sí mismo, considerando los requerimientos de objetivos y metas, respecto a los cuales se definen (se eligen, se seleccionan y se hacen presente) las competencias mentales específicas que en cada caso (meta o submeta) se necesitan para desencadenar los actos y conductas correspondientes. Esta definición general debe ser analizada y comentada detenidamente, pues contiene implícitos que conviene aclarar. Es obvio que, para que el sujeto pueda hacerse cargo consciente e intencionalmente de sus propios pensamientos, debe estar, antes que nada, despierto y alerta. Todos sabemos que mientras dormimos solemos tener sueños conscientes, pero ellos aparecen y desaparecen sin que podamos controlarlos. La vigilancia, por su parte, permite orientar la atención hacia el mundo y el sí mismo, pero la sola vigilancia que posibilita estar atento y un cierto nivel de focalización de esa atención, no tiene las características plenas de agente que es atributo de una conciencia lúcida intencional. La conciencia lúcida se constituye como *agente intencional*, e

implica la capacidad, al parecer solo humana, de intervenir y usar intencionalmente (voluntariamente) algunos de los propios procesos mentales –sensoriales y perceptivos, asociativos y cognitivos (memorias, emociones, conceptos)– y conductuales, esto es, tanto los que conocen el mundo como los que definen conductas específicas, y, finalmente, los que comandan su ejecución y puesta en práctica.

Por otra parte, es necesario precisar que una *conciencia lúcida no solo accede a las informaciones y conocimientos, sino también ordena y organiza* los que en cada caso se requieren. Cuando este ordenamiento no existe, se produce lo que neurobiológicamente se llama “confusión mental”. Consideramos bien ordenadas las informaciones cuando contienen, por ejemplo, datos depositados en la memoria, con sus diversos atributos (valor y significación, certidumbre, prioridad o importancia, temporalidad, localidad, etc.), organizados según su esperado impacto en la tarea por desarrollar.

El concepto de agencia intencional, como atributo de la conciencia lúcida, tiene un doble carácter. Por una parte, permite a quienes piensan que el “yo” no existe, refugiarse en esta expresión neutra pero con significado operativo, para dar cuenta de la evidente capacidad humana de tomar decisiones y ejecutarlas. Por otra, para quienes creen, como el autor de este texto, que la capacidad decisoria humana no solo existe, sino que es además un atributo del “sujeto” (que también existe), el concepto de agente intencional evita las innumerables distorsiones y polisemias que históricamente se han atribuido a nuestro viejo “yo”. El psicoanálisis, las diversas religiones, culturas y movimientos, grupos antiguos y actuales, enhebran definiciones y conceptos que ensanchan o angostan, elevan o sumergen la idea del yo. Se podrían escribir muchos libros sobre “las variedades del concepto de yo”. Desde el yo trascendental al inexistente, desde el yo social de los construccionistas hasta el sublimado transpersonal, o el que se extingue en el nirvana budista, o el que persiste más allá de la muerte, según cristianos y musulmanes. Por cierto, aunque esa discusión no es pertinente en este libro, interesa solo decir que el concepto

de agente intencional es más simple y mucho más cercano a lo que sí sabemos en Neurobiología. El problema con la multitud de versiones del yo es que, en algunos casos, le incorporan todas las facultades y competencias mentales, incluyendo memorias y pulsiones, como lo hacen los empiristas. En cambio, algunos reduccionistas extremos no incorporan ninguna facultad, pues consideran que son el resultado de procesos mentales más o menos ciegos, con lo que desaparece la posibilidad verdadera de optar libremente.

Cuando afirmamos que la conciencia humana lúcida puede operar como agente intencional, estamos diciendo que tiene acceso a variadas capacidades mentales que no son ella misma, y posibilidad de controlarlas (esto es, capacidad de agencia). Percepciones, emociones, afectos, memorias, racionalidad, etc., tienen sus propias características y sistemas de procesamiento cerebral, que el agente intencional, distinto a cada una de ellas, puede percibir, conocer, y en las que puede influir para determinarlas. Los sistemas motores, que se procesan según sus propios arreglos y sistemas operacionales, pueden actuar de modo automático, pero también pueden ser orientados, estimulados organizados y desencadenados en conductas especificadas por la conciencia lúcida que se manifiesta como agente intencional. A su vez, el lenguaje consciente, a través de los llamados “actos del habla”, comunica contenidos mentales, pero mediante la introspección y la reflexión puede acceder a esos contenidos (conceptos, pensamientos, etc.). Todo esto significa que no es la conciencia lúcida misma, actuando como agente intencional, la que realiza los procesos más arriba señalados. Podríamos decir que se limita a activar algunos procesos, que operan según su propia lógica, e inhibir otros. La conciencia en cuanto agente, como presidente del directorio o del consejo de la mente, ordena al gerente general, la función ejecutiva (y este a los encargados de área), e indica lo que se debe hacer, sin que necesite entrar en detalles operacionales. Piense el lector en su propia experiencia cuando decide salir a caminar por un parque en una tarde muy fría. Solo requiere pensar qué abrigo se pondrá, adónde dirigirá

sus pasos y el tiempo que dedicará al paseo. La multitud de acciones específicas necesarias para salir y caminar, y los conocimientos que ellas demandan, desde el plano de la casa, el del parque, la distancia entre ambos, hasta la hora del día, la presencia de amigos, se ejecutan y se hacen presentes más o menos automáticamente, sin participación de la conciencia. Para rascarse la cara cuando pica no es necesario preocuparse de cada uno de los múltiples músculos que participan en este acto. En el capítulo respectivo vimos cómo los procesos ejecutivos realizan su trabajo de gerente general, a las órdenes (solo cuando es necesario) del presidente, esto es, de la conciencia como agente intencional.

En todos estos arreglos puede estar presente la autoconciencia subjetiva. Aquí se emplea deliberadamente la forma verbal “puede”, pues hemos reiterado que hay procesos mentales que nunca son conscientes. No tenemos conciencia de las formas en que la corteza prefrontal lateral izquierda activa el lenguaje, tampoco de cómo la memoria generaliza y estructura categorías, y tampoco de cómo nuestro cerebro conecta o asocia percepciones con afectos. A lo largo de este libro se entregan variados ejemplos de procesos no conscientes. Hay otros, sin embargo, que hemos llamado “reconocimiento de patrones y modelos operacionales”, que se automatizan, pero que pueden ser abiertos, explicitados por la conciencia reflexiva. Así, lo que sabemos es que la conciencia humana lúcida puede hacer operativas sus intenciones a través de procesos en los que actúa como “agencia” que conoce y sabe (no siempre) de sus representaciones, y en las que puede influir mediante la atención focalizada, para desencadenar conductas intencionales. La relación de estos procesos cerebrales “operativos” con la subjetividad de la autoconciencia (la vida mental en presente) es tan poco conocida, que más que una incógnita es un misterio. Si se enfatiza la conciencia subjetiva como agente intencional, se puede caer en la llamada “regresión del homúnculo”, es decir, en la presencia de un homúnculo que toma decisiones, lo que obliga a pensar que este tiene su propio homúnculo, y así hasta el infinito. Si no se considera la conciencia subjetiva

como agente intencional, se desconoce la evidencia que tenemos los humanos, también subjetiva, de que somos capaces de hacer elecciones y tomar decisiones conscientes.

2. LAS FUNCIONES DE LA CONCIENCIA

Luego de este análisis, podemos hacer un listado más específico de las funciones de la conciencia subjetiva como agente intencional, recordando que el modo como operan es un misterio no resuelto:

- Espacio (metafórico) en que el sujeto se representa al mundo y a sí mismo.
- Espacio al que llegan propuestas sobre imaginar, programar y planificar, para el corto, mediano y largo plazo.
- Espacio al que llegan propuestas para desarrollar propósitos abstractos de largo plazo integrando aspectos empírico-denotativos (racionales), simbólico-expresivos (afectivos y emocionales) y normativos (morales y sociales).
- Espacio en que, actuando como agente, el sujeto toma decisiones (no automáticas) a partir de simulaciones (pensamiento operacional), con el fin de predecir los efectos posibles de los cursos de acción alternativos.

Para realizar este conjunto de tareas, la conciencia superior tiene acceso y capacidad de acción sobre todas y cada una de las competencias mentales que articula, alinea, organiza y desencadena (como conductas específicas), según objetivos, planes, metas y submetas. Todo esto lo ejecuta a través de los llamados procesos ejecutivos (la gerencia), que, como hemos visto, operan *top-down*.

En el examen neurológico (y en el resto de la Medicina y la Psicología), la primerísima cuestión por resolver es el estado de conciencia del paciente, cualquiera sea el motivo de su consulta, pues todo el resto de la exploración depende de su vigilancia, lucidez, etc. De hecho, un indicador decisivo en la evolución de un enfermo son los cambios que experimenta

su estado de conciencia. Por supuesto, esto no es nada sorprendente. En cualquier interacción humana (social, laboral, política, escolar, etc.), cada uno de los interlocutores observa y reconoce el estado mental del otro, siendo el estado de conciencia el más aparente y básico. Nadie llegará a un acuerdo con alguien que está ebrio, o drogado. También observaremos la conciencia de un hijo febril o intoxicado. Las demás facultades mentales (memoria, emociones, juicio, lenguaje, etc.) requieren para operar una conciencia vigil y lúcida. Por ello no es extraño que una persona con oscuridad de conciencia no pueda hacer un cálculo matemático, o conducir un automóvil. La conciencia es así el espacio en el que se despliega toda la vida mental, sin ser ella misma una facultad específica como las demás.

3. LA CONCIENCIA Y EL APRENDIZAJE

La existencia en los humanos de la conciencia superior, que incorpora la autoconciencia subjetiva, es un muy importante factor que estimula y orienta el aprendizaje. Al aprendizaje que depende de los dispositivos innatos de origen genético, especificados por las experiencias significativas, y que podríamos llamar “aprendizaje natural”, se agregan muy potentes esfuerzos pedagógicos “deliberados”, por parte de padres, familia y entorno social (religión, cultura, lenguaje, etc.), que culminan en lo que llamamos educación formal. En otras especies existen atisbos de formas de enseñanza-aprendizaje deliberadas, especialmente en mamíferos superiores, y sobre todo en primates. Entre estos, sin embargo, su breve neotenia, con plasticidad cerebral que disminuye rápidamente, hace que la posibilidad parental (especialmente materna) de enseñar a sus vástagos se agote en corto tiempo. Es la solitaria mamá orangután la que, según los registros primatológicos, dedica más largo tiempo (hasta 8 años) a enseñar a su hijo (solo a uno cada vez) los peligros y las posibilidades de alimentación y refugio que ofrece el bosque en que vive. Parece que también las familias de

orcas dedican algunos años a la enseñanza de la caza de focas, y los chimpancés enseñan variadas competencias a sus hijos y a otros miembros del grupo.

El ser humano puede, deliberada y prácticamente, dedicar toda su vida a aprender. Los primeros 20 o 25 años de manera no solo intencionada, sino casi siempre obligatoria, y luego, voluntariamente o no, a través de los cientos de sistemas de perfeccionamiento y formas de transmisión de conocimientos existentes en las sociedades complejas. Las razones básicas de sus diferencias con otras especies son, por supuesto, biológicas: cerebro muy grande, neotenia prolongada, y plasticidad cerebral que mengua con los años, pero nunca desaparece. Sin embargo, el factor más decisivo que explica estas diferencias es la aparición de las tres capacidades propiamente humanas: el lenguaje hablado, los procesos ejecutivos con propositividad abstracta de largo plazo, y la conciencia superior.

La influencia de estas capacidades evolutivamente recientes sobre el aprendizaje, se produce de dos formas. La primera es que ellas, como nuevos atributos biológicos, hacen posible aprender más complejamente y durante más tiempo. La segunda, sin duda más importante, es que han posibilitado el surgimiento y desarrollo de culturas y civilizaciones que, por una parte, producen centenas de miles de cosas y asuntos nuevos que pueden y deben aprenderse (ciencias, tecnologías, artes, costumbres, religiones, lenguas y vocabularios, etc.), y por otra, estructuran relaciones sociales, económicas y laborales que obligan a aprender si se desea prosperar (y todos lo desean). Es en este último sentido (cultura y civilización) en el que la conciencia superior es quizás el factor más determinante en la necesidad humana de aprender.

En el punto 1.4 vimos cómo la conciencia lúcida posee el atributo de ser agencia intencional, dado que es capaz de intervenir, alinear y organizar (indirectamente) las demás competencias o facultades mentales, para definir estrategias y conductas que permitan alcanzar algún objetivo o meta. Resulta así patente su papel como motor del aprendizaje deliberado. La arquitectura neurobiológica del cerebro humano impulsa

a los miembros normales de nuestra especie a aprender para resolver problemas prácticos de su vida. Los problemas son aquellas circunstancias que dificultan formular estrategias convenientes para alcanzar ciertas metas y objetivos. Enfrentados conscientemente a tales dificultades, es natural que pensemos modos de solucionarlas, para lo cual buscamos nuevos datos e informaciones, o imitamos al vecino exitoso, o generamos nuevas hipótesis explicativas de los acontecimientos, o imaginamos y simulamos cursos de acción y estrategias alternativas. En su conjunto, este es un proceso de aprendizaje deliberado. Las nuevas informaciones, hipótesis, cursos de acción, estrategias y sus resultados, son en realidad nuevos conocimientos y saberes, que, como hemos visto en capítulos anteriores, el cerebro puede generalizar, clasificar, categorizar y depositar en la memoria, con lo cual quedan disponibles para usos posteriores, pues hacen posible predecir en circunstancias que se consideren similares (reconocimiento de patrones). Por supuesto, no todos estos pasos son conscientes para la mente lúcida, como hemos indicado antes. El sujeto se da cuenta de que hay dificultades o problemas, y, operando como agente intencional, desencadena deliberadamente los procesos descritos, algunos de los cuales son conscientes (nuevas informaciones y su búsqueda, evaluación de resultados obtenidos), mientras otros forman parte de la operatoria natural no consciente del cerebro humano (generalizar, categorizar). En esta descripción, lo más crítico para el aprendizaje es la “evaluación de resultados”. Aunque esta forma de aprendizaje se ha llamado “prueba y error”, tal denominación no parece adecuada, porque no se trata de una prueba casual, arbitraria o ciega. Siempre hay detrás estrategias basadas en hipótesis (conscientes o no conscientes) que se trata de comprobar o refutar, es decir, de someter a prueba para constatar (o no) errores.

Estos mecanismos neurobiológicos del aprendizaje deliberado, abocados a la resolución de problemas triviales o trascendentales, operan “espontáneamente” y a cada instante en la vida humana. El niño que quería tomar helados, el estudiante que bajaba la escalera para desayunar, pero además deseaba ir

a España, y el automovilista que debía llegar a la hora a su trabajo, podían predecir algunas situaciones y ajustar sus conductas a ese conocimiento (que se constituye en la base hipotética de su comportamiento), pero también, para saber, alguna vez debieron aprender. Aun así, el conocimiento nunca es completamente suficiente, pues aparecen nuevas situaciones que generan nuevos problemas, y que requieren nuevas hipótesis y estrategias. Por ejemplo, la familia del niño se fue de vacaciones, con lo que las estrategias para obtener helados pueden variar; el estudiante se fue a España, pero allá todo es distinto; el automovilista cambió de automóvil, etc.

Pero esta teoría del aprendizaje consciente y deliberado a través de la resolución de problemas tiene una enorme importancia en dos ámbitos muy específicos. Es el fundamento de nuestro desarrollo científico-tecnológico, pues la ciencia y la tecnología avanzan identificando problemas, generando hipótesis factibles para resolverlos, probando en la práctica experimental si las hipótesis funcionan, y analizando críticamente los resultados, a partir de lo cual surgen nuevos problemas, y el ciclo continúa. El otro ámbito es el de la educación formal. Debido a que el principal instrumento (aunque no el único, como hemos visto en otros capítulos) que posee el maestro es el lenguaje consciente para la transmisión de saberes (también lo fue el del padre cazador-recolector del Paleolítico superior), debe ajustarse a este modelo de aprendizaje a través de la resolución de problemas, si desea tener éxito. Probablemente, la dificultad mayor del maestro de escuela es identificar asuntos que efectivamente enfrenten a los estudiantes con problemas que les resulte importante resolver. Aquí juegan las actitudes y motivaciones de los educandos, sus objetivos, metas y demás consideraciones que hemos examinado a lo largo de este libro. En este sentido, es evidente que los intereses del padre y del hijo *Cromagnon* eran simétricos y convergentes. Pero no ocurre lo mismo entre el maestro de escuela y sus alumnos. En la época actual, no siempre los problemas presentados por el maestro son importantes para los estudiantes, y cuando no lo son, no despiertan su atención. Este es sin duda un desafío

pedagógico mayor. Sin embargo, hay otro desafío pedagógico paralelo. Se trata de que la mecánica de aprendizaje reseñada anteriormente requiere ser incorporada y autoanalizada críticamente por los estudiantes para su vida personal futura. Esto significa que deben aprender a aprender, para lo cual es vital el desarrollo de la capacidad crítica que evalúa el resultado probable (a través de simulaciones mentales) de estrategias rutinarias ante situaciones nuevas o diferentes.

QUINTA SECCIÓN

UNA VISIÓN DE CONJUNTO

CAPÍTULO 13

LAS MODALIDADES BIOLÓGICAS DEL APRENDIZAJE Y LA EDUCACIÓN

El estudio de las bases biológicas de cada una de las facultades de la mente, puede generar la errónea idea de que ellas funcionan independientemente unas de otras. De hecho, la mayor parte de la investigación neuropsicológica las analiza aisladamente, por evidentes razones metodológicas. Por otra parte, el examen de los procesos ejecutivos y de la conciencia nos ha mostrado las estrategias neurobiológicas, particularmente operativas en los lóbulos prefrontales del cerebro, destinadas a la ejecución y control superior de las conductas dirigidas a cumplir objetivos, con sus respectivas metas y submetas. Estos procesos y la conciencia superior se apropian de conocimientos, habilidades y destrezas pertenecientes a distintas facultades (memorias, emociones y afectividad, procesos lógicos y formulación de juicios, lenguaje, etc.), y luego los alinean y coordinan en algoritmos específicos que integran los contenidos y formatos pertinentes a cada conducta, según las motivaciones y expectativas que definen los objetivos y metas que se quieren alcanzar.

Esta breve fórmula, que condensa explicaciones y análisis entregados a lo largo de este libro, tiene un propósito: fundamentar una de las hipótesis básicas aquí sostenidas. El aprendizaje surge de la necesidad de conocimientos y habilidades que se produce al tratar de alcanzar metas, y para resolver los problemas que dificultan su logro. Ese carácter dinámico del aprendizaje, como capacidad neurobiológica constitutiva de cualquier ser vivo que requiere sobrevivir y reproducirse en

un ambiente que está en permanente cambio (como el sujeto mismo), y que nunca conoce enteramente, hace que esté obligado a aprender. Esta visión permite responder las preguntas originales de este libro.

1. PARA QUÉ Y POR QUÉ SE APRENDE

Debido a la insuficiente información depositada en el genoma y a la variabilidad de los entornos en los que cada cual desarrolla su vida, desde el momento mismo de su nacimiento, es necesario adquirir informaciones y conocimientos, lo más detallados y pertinentes posibles, sobre tales ambientes, para prosperar en ellos. Y como también cada individuo cambia en el curso de su vida, la necesidad de aprendizaje es constante. Esta condición es enormemente acuciante, porque el desarrollo tecnológico, social y cultural genera un ambiente particularmente complejo, y rápidamente variable, creado por la propia especie humana. En estas circunstancias, aunque los propósitos biológicos finales son siempre los mismos (sobrevivir y reproducirse), resultan matizados, intermediados y especificados por la cultura, de un modo tal, que su origen biológico casi desaparece en el imaginario individual y social.

De esta manera, la construcción de los mundos que representan la realidad se configura de acuerdo a las pautas y modelos proporcionados por la lengua y la cultura de cada individuo. Ellos organizan, definen y estimulan creencias, deseos y expectativas (que generan objetivos y estrategias) respecto a los asuntos que más se valoran en su familia, grupo de referencia, subcultura y cultura general, según el caso. En estas circunstancias, los problemas que deben resolverse para alcanzar metas son, con mucha frecuencia, nuevos y difícilmente solucionables utilizando solo conocimientos y comportamientos antiguos, automatizados y rutinarios. Hay que enfrentar cambios tecnológicos o personales (más edad, otra pareja, otro trabajo), cambios del ordenamiento jurídico, de las modas y estilos de vida, de las exigencias para desempeños sociales y

laborales. En este sentido, aunque las conductas automáticas adquiridas por aprendizajes previos en la propia cultura son muchas, y a menudo útiles, la incesante aparición de nuevas metas y de sus consiguientes problemas para lograrlas genera siempre nuevos desafíos, que obligan a innovaciones estratégicas y conductuales. Así, la necesidad de aprender es también continua. Y el aprendizaje es posible por dos razones entrelazadas. La primera es que se aprende porque es indispensable anticipar y predecir para cumplir los propósitos evolutivos básicos. La segunda es que esta tendencia biológica, existente en algún grado en todos los seres vivos, se encuentra respaldada por dispositivos innatos que hacen posible aprender. En las especies superiores, especialmente en los humanos, la capacidad de aprender y predecir se fundamenta sobre todo en la plasticidad cerebral.

1.1. La elaboración de la predicción

Hemos dicho que anticipar y predecir configuran una habilidad biológica esencial. El propio genoma y sus genes constituyentes anticipan y predicen, tanto las condiciones ambientales a las que llega cada ser vivo como las conductas indispensables para vivir en tal entorno. La existencia de las alas supone la existencia del aire, con ciertas características de presión, humedad, composición, etc. Al mismo tiempo, las aves y los murciélagos saben de qué modo batir las alas, cómo aprovechar las corrientes aéreas, cómo evitar obstáculos, etc. El niño nace con dispositivos bucales y pulmonares, faríngeos e intestinales que le hacen posible mamar, respirar, tragar y digerir. Ese equipamiento corporal “supone” una madre que tiene mamas, con pezones ajustados a las condiciones de la boca del niño, y que esas mamas producen el alimento que necesita (leche). Pero estas características innatas, tanto del niño como de la madre, que pueden ejemplificarse en muchos otros comportamientos genéticamente determinados, no bastan. Las “hipótesis de trabajo” genéticas no son suficientes para predecir la enorme cantidad de condiciones específicas existentes en el ambiente

de cada cual. Esto es particularmente cierto en los individuos humanos, que deben ser capaces de anticipar y predecir en ambientes muy complejos y variables, y que además sufren, a lo largo de su vida, innumerables cambios en su propio desarrollo, sus motivaciones y expectativas. El espacio existente entre la dotación genética que predice entornos y conductas innatas dentro de ciertos límites, y las demandas reales de los ambientes específicos (y sus variaciones), debe ser llenado con aprendizajes constantes en múltiples dominios (social, lingüístico, moral, jurídico, laboral, etc.). Pero el aprendizaje hace posibles anticipaciones más apropiadas y certeras cuando los pronósticos sobre el entorno y el sí mismo son suficientemente verdaderos y específicos.

1.2. Dispositivos neurobiológicos del aprendizaje

Al describir las características neurobiológicas elementales del cerebro (el órgano que aprende), hemos llamado la atención sobre su propia estructura: neuronas y redes neuronales, sinapsis y sus vías de comunicación (axones y dendritas), cuya naturaleza constitutiva esencial es la plasticidad, que hemos definido como la capacidad neuronal de cambiar estructuralmente según su uso. De hecho, las sinapsis que más información transmiten se refuerzan, y las redes neuronales se modifican o establecen cuando son más requeridas para procesar y transmitir mensajes. Ahora se sabe que en algunas regiones del cerebro, como el hipocampo, que procesa ciertas formas de memoria, se pueden generar nuevas neuronas aun entre los adultos. Los sistemas neuronales más demandados desarrollan nuevas conexiones, con aumento de dendritas y sus espículas y la longitud y ramificaciones terminales de axones, especialmente los pertenecientes a redes neuronales de procesamiento local, como en el caso de los violinistas o los choferes de taxi londinenses. Al contrario, el desuso y la carencia de estimulación hacen que desaparezcan dendritas, se desactiven sinapsis, y que aun neuronas sean eliminadas. Este proceso de fortalecimiento y desactivación, según su uso,

condiciona la especificación del aprendizaje a un ámbito determinado.

Naturalmente, estas variaciones estructurales, principalmente intrarregionales (en regiones específicas y discretas del cerebro) y locales (en redes neuronales particulares), tienen un límite. La arquitectura general del cerebro, genéticamente establecida, no se modifica. Las grandes regiones y sus conexiones no cambian. La plasticidad del cerebro, que se da sobre todo en regiones corticales de asociación, no llega a hacer posibles cambios estructurales y funcionales mayores. Los núcleos de la base y del tronco cerebral se modifican muy poco, pues, como parte del cerebro reptiliano, están encargados del control de las funciones más vitales. Tampoco cambian las cortezas destinadas a la percepción (visual, auditiva, táctil) o a la motricidad primaria, salvo en condiciones extremas, como la oclusión de ojos en experimentos con gatos, en sus primeros meses de vida. Este arreglo neurobiológico de plasticidad posible y necesaria, sobre todo en las zonas de asociación (inter y supramodal) y en las regiones prefrontales encargadas del control superior del comportamiento, es muy trascendente. Significa que la posibilidad de aprender, por cambios plásticos de ciertas áreas de la corteza, se manifiesta preferentemente en las regiones que procesan la adquisición de conocimientos y habilidades superiores, que son a su vez las que permiten predicciones en ambientes tan complejos como los humanos, en los cuales es indispensable la creatividad (hipótesis no rutinarias).

2. QUÉ Y CUÁNDO SE APRENDE

Este párrafo reúne el qué con el cuándo se aprende, porque es evidente que, dadas las condiciones y límites de la plasticidad y sus períodos críticos, las capacidades de aprendizaje varían en el curso de la vida de cada persona. La variabilidad temporal del aprendizaje es determinada por las etapas de maduración y desarrollo de las competencias cerebro-mentales

innatas, que, aunque están genéticamente definidas, necesitan estímulos ambientales (experiencias) para activarse y establecerse. En diversos capítulos de esta obra se ha utilizado el ejemplo del lenguaje, que, siendo de alguna manera un instinto, requiere estímulos externos (grupo hablante) para especificarse en un idioma particular. Obviamente, además del lenguaje hay otros componentes innatos, precableados en el cerebro, que también requieren activación y desarrollo a partir de las experiencias, tema al que volveremos luego. Por ahora, interesa destacar que esos componentes, al igual que el lenguaje, tienen asimismo períodos críticos, es decir, un “cuándo” pueden establecerse y desarrollarse plenamente. Y el período crítico o temporalidad es distinto para cada uno de ellos. La teoría de la mente se establece alrededor de los 4 años; las operaciones lógico-matemáticas abstractas, después de los 10 o 12 años, y los juicios morales autónomos, que, como hemos visto, tienen su propia gramática, solo a los 20 o 21 años.

2.1. La asignación de valor

Sin embargo, la ilación entre las informaciones aportadas por las experiencias y los sistemas de procesamiento innatos, no dan cuenta cabal del modo como cada cual “constituye” una versión más o menos integrada y coherente de la realidad externa y del sí mismo (identidad). Esta versión de la realidad sería muy incompleta si no consideráramos además, como objeto del aprendizaje (qué se aprende), las “valoraciones” de las informaciones y datos aportados por las experiencias, según el ambiente grupal y social, es decir, la cultura en la que el individuo vive y se desarrolla. Por supuesto, la asignación de “valor” tiene también un componente innato decisivo. Satisfacer el hambre nos hace valorar los alimentos; evitar el dolor, calmar la sed o el instinto sexual nos hacen valorar las personas y cosas que pueden satisfacer estos impulsos primarios. También valoramos las circunstancias que nos posibilitan alcanzar reconocimiento, jerarquías, placer o cualquier otra forma de gratificación. Lo importante en este punto es que estos impulsos y tendencias

biológicas se satisfacen de manera culturalmente determinada. Así, la asignación de valor es un aprendizaje que integra tendencias biológicas con especificaciones y distinciones propias de cada cultura, subcultura y grupo. Si tenemos en cuenta que seleccionamos las informaciones que se depositan en la memoria según su valor, y que nuestras motivaciones, deseos y creencias son culturalmente constituidas, debemos concluir que nuestra versión del mundo y nuestro papel en él, particularmente de cara al futuro, es un constructo de varios orígenes bioculturales, y por eso mismo, dinámico y en permanente evolución. De esta manera, el “qué” se aprende, esto es, “los contenidos del aprendizaje”, admite la siguiente categorización:

2.2. La adquisición de conocimientos

Habitualmente se considera que el fin primordial del aprendizaje y de la educación es la transmisión y adquisición de datos e informaciones que permitan entender la realidad para operar fructíferamente sobre ella. Para operar sobre la realidad son también necesarias ciertas habilidades y destrezas; en primer lugar, las sociales, y luego, algunas habilidades intelectuales superiores, como las lógico-matemáticas, la abstracción y categorización, y sobre todo la capacidad de resolver problemas usando los saberes objetivos-rationales o los simbólico-expresivos. Desde este punto de vista, el “conocimiento” está constituido por informaciones sobre porciones bien circunscritas y delimitadas de la realidad, que pueden transferirse de una persona a otra sin grandes complicaciones, si se tiene en cuenta la edad y maduración del receptor. Se exceptúan de esta transferencia de informaciones, de algún modo mecánica, los conceptos y habilidades sociales, que nunca es claro cómo se transmiten y adquieren en la convivencia con los grupos de referencia más cercanos. Un caso especial es, por supuesto, el de las matemáticas, que todos reconocen que deben ejercitarse, lo mismo que algunas habilidades motoras o manualidades. De esta manera, el “qué” se aprende puede estar constituido por listados de nombres (países, ríos, elementos químicos, especies biológicas,

etc.) o de acontecimientos históricos y políticos que identifican una época o una región del mundo.

Sin embargo, como hemos visto a lo largo de este libro, el cerebro no trabaja así, no aprende así. La información es transformada en conocimiento a partir de diversos procesamientos muy activos que se ejercen desde el momento mismo en que ingresa en el cerebro. Ahí es generalizada, categorizada, relacionada con sus contextos y seleccionada para ser depositada en la memoria (que también está en permanente reordenamiento y reclasificación), según el valor que el sujeto asigna a la información contenida en experiencias significativas. El valor y la significación que hacen a la información seleccionable son también parte, y muy importante, del proceso de aprendizaje. De esta manera, lo que se aprende se basa en los aprendizajes previos, pero no solo de los aspectos cognitivos de la información, sino también del modo, igualmente aprendido, como se valora dicha información, y sobre todo, cómo se valora el acto de aprender tal asunto o materia en particular. La valoración del acto de aprender se relaciona con motivaciones (de ahí la importancia de la actitud inicial de los alumnos en la educación formal) y con los propósitos y metas previas del que aprende. Puede sostenerse así que el primer paso de ese aprendizaje –qué aprender– está relacionado con el contexto sociocultural y la biografía de cada estudiante.

Así, se aprende y se transforma en conocimiento estable aquello que responde a problemas que deben superarse para alcanzar alguna meta. Es evidente que estas metas surgen de la vida diaria de cada cual, de sus experiencias concretas y de las gratificaciones que espera obtener. Las mismas gratificaciones son culturalmente aprendidas. Por ejemplo, un niño o un joven proveniente de un ambiente de profesionales exitosos aprende que tiene sentido diferir las gratificaciones inmediatas para tener una profesión (con las satisfacciones y estilos de vida que ello conlleva), y por lo tanto asigna valor al aprendizaje escolar. Otros preferirán el fútbol a la geometría, por lo que su interés no estará en las matemáticas, sino en el partido del domingo.

2.3. La activación de sistemas de procesamientos innatos

Una de las tesis más importantes expuestas en este libro es que la realidad que cada cual percibe, recuerda, siente, imagina o piensa, es un constructo nacido de dos fuentes. Por una parte, las experiencias vividas en sus ambientes (cultura) específicos; por otra, los procesos a través de los cuales el cerebro formatea, ordena, sistematiza, categoriza y valora la información contenida en las experiencias, para transformarla en conocimientos y saberes. En los capítulos correspondientes (percepción y memoria, emoción, racionalidad, lenguaje, procesos ejecutivos, etc.) hemos abundado en los sistemas formales de procesamiento innatos que en cada dominio pueden describirse. Hemos insistido, además, en que se trata de dispositivos genéticamente fundados, que están disponibles en el cerebro, en las respectivas redes neuronales dedicadas, que para alcanzar su máximo desarrollo deben ser activadas, utilizadas y entrenadas, a fin de que desempeñen con plenitud las funciones que sus procesamientos hacen posibles. También hemos indicado los períodos críticos durante los cuales su activación es más efectiva. El punto que nos interesa dejar claro es que su activación es una forma de aprendizaje, porque podría sostenerse (erróneamente) que, por el hecho de formar parte de la dotación genética del individuo (capacidades con activaciones más o menos automáticas, genéticamente determinadas), no tiene sentido hablar de aprendizaje (que es lo contrario de lo innato).

El caso del lenguaje, mencionado varias veces en este texto, demuestra que esto no es así. Su diseño biológico (contenido en el genoma) supone que tales formas de procesamiento de la información deben ser especificadas y establecidas en relación con las demandas que les genera cada ambiente específico, esto es, cada cultura. Aunque el lenguaje es una competencia general de los humanos, cada uno de nosotros solo habla su propia lengua (o 1 o 2 más), y si esta no es estimulada por otros hablantes, antes de los 16-18 años, la capacidad lingüística se pierde. Puede decirse que esto es así porque el lenguaje contiene componentes semánticos y ciertos elementos fonológicos

y gramaticales enteramente aprendidos. No puede decirse lo mismo de la capacidad de categorizar, o hacer juicios lógicos, y de la noción de causalidad, que son puramente formales, es decir, sin contenido propio, por lo que su función es ordenar, organizar, dar un formato a contenidos informacionales de los objetos que se procesan, distintos de ellas mismas.

Para dilucidar este problema podemos usar el ejemplo de la computación, en la que, dicho sea de paso, se basa la moderna Psicología cognitiva. En este caso, el computador contiene programas, formas de ordenar y organizar la información, por lo que el usuario solo necesita introducir (digitar) los datos que corresponden, y el aparato los clasifica, organiza y procesa de acuerdo a cada programa. La diferencia consiste en que, en el caso de la computación, los programas fueron diseñados por alguien (el programador) e incorporados a la estructura del aparato, sin depender para su consolidación de las informaciones que reciban. El caso del cerebro es distinto porque, si bien cuenta al nacer con una suerte de preprogramación (precableados), necesita afinarse, especificarse en cada individuo. Según esto, podríamos decir que son las experiencias significativas las que desarrollan la preprogramación, para llevarla al nivel de programación madura que observamos en los computadores. En este aspecto el cerebro, como órgano biológico, se parece más al músculo, que, según los intereses de cada individuo, puede desarrollarse de diferentes maneras: aumentando su volumen en el fisioculturismo, su elasticidad en los atletas que practican saltos o carreras rápidas, su fuerza en los levantadores de pesas, etc. El segundo elemento que diferencia al computador del cerebro es el usuario. Un computador manejado por un usuario incompetente no despliega todas las capacidades operativas que le ha instalado su programador. El cerebro es de alguna manera su propio usuario, y debe aprender a usar correctamente, y con contenidos adecuados, las capacidades formales de procesamiento que él mismo posee (la noción de causalidad, la categorización y los axiomas lógicos). Creo que esta última formulación es la correcta para esas capacidades, vacías de contenido.

De esta manera, las capacidades formales de procesamiento, para ser estimuladas, entrenadas y desarrolladas, esto es, para aprender a usarlas, necesitan cumplir dos requerimientos. El primero es la práctica, el ejercicio de las capacidades lógicas y matemáticas, de la inteligencia social y del pensamiento crítico. El segundo depende de los procesos ejecutivos, vistos en el capítulo anterior, que son los “usuarios finales” de los procesamientos realizados en todos los demás dominios.

2.4. El aprendizaje del control superior del comportamiento

El último y más importante componente del “qué se aprende” es el aprendizaje del control superior del comportamiento, pues, como hemos visto, configura el marco general que da sentido y unidad a todos los demás procesos cerebrales y en todos los dominios, el núcleo de lo que se ha llamado inteligencia general. En un capítulo anterior, al describir los procesos ejecutivos y el control del comportamiento, dijimos en los párrafos finales que estos procesos y controles también pueden y deben aprenderse.

Hemos indicado además que llamamos aprendizaje de los procesos formales, es decir, “vacíos de contenido”, a la activación, entrenamiento y desarrollo de capacidades genéticamente definidas, pero que requieren una puesta en práctica para alcanzar el más alto nivel posible. Esta última frase, “al más alto nivel posible”, significa que la activación y el entrenamiento, como los de cualquier otra competencia biológica, tienen un límite, tanto para la especie como para los individuos. Pero también significa que este límite es mucho más alto para quienes entrenan y desarrollan sus capacidades formales que para los que no lo hacen.

Como el control superior del comportamiento es una capacidad (inteligencia) general, que trabaja a partir de competencias particulares (sociales, emocionales, lingüísticas, cognitivas, etc.), pero es distinta a estas últimas, no parece conveniente incluirla entre las “estructuras de la mente” de Gardner, quien define varias inteligencias específicas, en este

sentido similares a la inteligencia emocional o a la inteligencia social de Goleman, que son –por supuesto– capacidades parciales.

Los sistemas neurobiológicos dedicados al control superior del comportamiento tienen que ver con planes, estrategias y metas conductuales, es decir, están referidos a acciones con propósito, por lo cual incorporan (o pueden incorporar) en su procesamiento y en su manifestación operativa (actos) todas las competencias que convengan al cumplimiento de tales metas y de las submetas correspondientes. Así, el logro de una determinada meta requiere empatía emocional, valoraciones afectivas, análisis lógico de factibilidad, varios tipos de memorias, manifestaciones verbales, etc. Pero el asunto decisivo es cómo se ordenan, disponen y alinean todos estos componentes (memoria de trabajo) para dar curso a comportamientos eficientes (según la meta), coherentes entre sí y no contradictorios con otras metas.

Dicho esto, debemos confesar que no sabemos bien cómo se puede enseñar o aprender a coordinar todos los recursos mentales necesarios para lograr un fin o una meta. Desde el punto de vista de la Neurobiología, sabemos algunas cosas. Quienes poseen un alto grado de inteligencia general demuestran, en estudios con RNM, que frente a un determinado problema activan solo algunas áreas muy específicas del cerebro, y en un orden bien determinado, esto es, generan un algoritmo específico. Cuando el problema es estructuralmente similar a otros de solución conocida, la activación (izquierda) es muy rápida, es decir, produce una respuesta automatizada. Cuando el problema, incluso trivial, es nuevo, y sin solución conocida, se activan en primer lugar las zonas prefrontales derechas, y luego las regiones que albergan las competencias requeridas (afectos, memorias, lenguaje, etc.). Cuando el problema es nuevo y complejo (es decir, requiere alta creatividad), las activaciones son mucho más lentas, inicialmente prefrontales derechas, luego prefrontales izquierdas, y solo después, el resto de las áreas correspondientes a competencias con funciones dedicadas.

Es como si en este último caso se elaboraran primero modelos de algoritmos nuevos en las regiones prefrontales derechas, pero explorando si hay (a la izquierda) programas antiguos que pudieran utilizarse parcialmente. Cuando el problema, en la situación experimental, resulta insoluble para el sujeto, se activa además el cíngulo, que mide el cumplimiento de metas. En la disonancia cognitiva (creencias contradictorias), la activación es también prefrontal, de regiones orbitarias y laterales. En estas condiciones, la reacción habitual es una fuerte descarga emocional en un sentido, y un análisis crítico en otro. La disonancia cognitiva es frecuente en la política, por ejemplo, cuando se siente una fuerte adhesión y lealtad a un determinado grupo o partido, pero su comportamiento concreto en un asunto importante es evidentemente erróneo, o incluso desastroso. También ocurre en situaciones familiares, cuando un hijo muy querido tiene conductas intolerables, o altamente inmorales, o delictuales.

Estos antecedentes neurobiológicos pueden dar luz, muy débil, es cierto, a ciertas estrategias de aprendizaje de control superior del comportamiento. Entre estas podemos mencionar:

- Se requiere desarrollar las competencias específicas (memoria, lenguaje, etc.).
- Se requiere lograr control de la impulsividad emocional.
- Se requiere aprender a elaborar planes, con metas y submetas.
- Se requiere poder evaluar el resultado de estrategias y conductas.
- Por último, y lo más decisivo, se necesita tener propósitos abstractos de largo plazo que generen un marco regulador general de los comportamientos.

No está claro cómo aprender a elaborar algoritmos operacionales nítidos, simples y eficientes. Lo que se sabe en Psicología educacional es que el mejor instrumento es la práctica de análisis crítico de diversas situaciones concretas, la formulación de estrategias para alcanzar metas específicas, y los incesantes

ejercicios en la resolución de problemas. Lo que se pretende es automatizar el reconocimiento de patrones y modelos operacionales apropiados, con una constante revisión crítica de cada paso (o submeta), tanto en cuanto representan o se refieren a una realidad objetiva, como en cuanto se orientan a alcanzar la meta buscada.

En esta concepción de qué se aprende se pone a la par, al mismo nivel, el aprendizaje de datos, informaciones y contenidos de memoria, con el desarrollo de lo que habitualmente se conoce como habilidades cognitivas superiores, que en este texto preferimos llamar simplemente “habilidades superiores”, pues exceden las formas propiamente cognitivas de procesamiento, como la racionalidad y otros saberes objetivos, ya que consideran las motivaciones (creencias y deseos), la emocionalidad y demás componentes de los saberes simbólico-expresivos.

3. CÓMO Y DÓNDE SE APRENDE

El contenido de este subtítulo puede ser analizado de dos maneras igualmente importantes. En primer lugar, recordando las diversas formas de selección informacional que examinamos cuando estudiamos atención, percepción, memoria, emociones y conductas dirigidas a metas; en segundo lugar, revisando los aportes de la Pedagogía y la Psicología educativa, en cuanto identifican mecanismos de aprendizaje tales como imitación, condicionamiento, habituación, asociación, etc. Dada la orientación de este libro, las competencias de su autor, y la existencia de muy abundante información sobre mecanismos pedagógicos de aprendizaje, en este apartado se dará más espacio a las formas generales de selección neurobiológica de información, que se han entregado en forma parcial en varios capítulos de este libro. De todos modos, haremos referencia a los mecanismos pedagógicos, pues nos parece que son otra manera de mirar dichas formas.

3.1. La selección de información y la constitución de conocimientos y saberes

En los capítulos precedentes hemos identificado ciertas formas de seleccionar información del entorno, del propio cuerpo y de la propia mente. Al estudiar la memoria, dijimos que los datos e informaciones provenientes del ambiente se hacen parte de la memoria de largo plazo siempre que:

- Se les asigne valor.
- Tengan significación.
- Sean comprensibles, es decir, familiares, o posibles de asociarse con conocimientos previos.

En capítulos posteriores, insistimos en que estas formas de seleccionar información son muy dinámicas, y están vinculadas con la orientación neurobiológica principal del cerebro, que es conocer y saber, para así poder predecir las situaciones, circunstancias y elementos necesarios para resolver los problemas que se encuentran al diseñar y operar estrategias que lleven al logro de metas y submetas. También vimos cómo estos objetivos y metas tienen origen en las motivaciones de cada cual (creencias, deseos y expectativas), la mayor parte de las cuales son aprendidas culturalmente. Dadas las raíces sociales del aprendizaje, hemos revisado la Neurobiología de la vida en sociedad y el particular rol que en ella juegan la teoría de la mente, el lenguaje y la conciencia superior. En esta misma línea es conveniente recordar lo señalado en los capítulos dedicados a las emociones y las memorias. Insistimos ahí en que la “asignación de valor” tiene un esencial componente emocional y afectivo, vinculado con la otra forma de saber.

Sería ocioso ir más allá en este sucinto resumen, pues equivaldría a repetir enteramente el libro. Así, en lo que resta de este apartado examinaremos con más detención solo dos asuntos. El primero tiene que ver con la construcción de una imagen coherente de la realidad; el segundo, relacionado con este, es dar una nueva mirada a la significación, como selector de las informaciones que ingresan para ser procesadas por el cerebro.

3.2. La construcción de una imagen coherente de la realidad

Aunque dedicamos un capítulo completo al análisis de la construcción de la realidad por el sujeto, no destacamos su papel central en el cómo se aprende, porque para hacerlo nos pareció necesario tener antes disponibles los conocimientos que se incluirían en capítulos posteriores. En efecto, cuando se concluye que, finalmente, lo que importa en los procesos ejecutivos es tener en línea informaciones y saberes de toda índole para resolver problemas (y lograr metas), surge un tema muy importante, que creemos de gran trascendencia pedagógica. Este tema puede resumirse preguntándose cómo es que la intencionalidad, y para estos efectos la conciencia, que movilizan como “presidentes” del sistema a sus “gerentes”, es decir, a los procesos ejecutivos, pueden estar seguros de que tal sistema (el conjunto de capacidades y facultades mentales) cumple los siguientes requisitos:

- Tener todos o la mayoría de los conocimientos necesarios para hacer su trabajo, que consisten en establecer estrategias conductuales para lograr una meta.
- Cómo estos conocimientos están ordenados y estructurados para que la memoria de trabajo los ponga en línea.

Para responder al primer punto (conocimientos suficientes) hemos dicho que el cerebro construye “progresivamente” no solo una imagen cada vez más coherente de la realidad, sino que también, cuando las circunstancias se repiten, lo que es muy habitual, crea algoritmos automatizados, generalmente partes de la memoria genérica, que dan cuenta eficaz, y sin costo de procesamiento adicional, de la meta o submeta buscada. Hemos dicho, además, que a veces el problema por resolver no tiene solución previamente conocida, o la respuesta imaginada (simulada) no es pertinente, según el análisis de los resultados de hipótesis y conductas previamente aplicadas (o simuladas) llevado a cabo por la capacidad crítica. En estos casos, los procesos ejecutivos especializados en formular planes y programas salen a buscar nuevos datos o conocimientos,

es decir, están obligados a aprender para resolver el problema. Por otra parte, también hemos insistido en que ya desde el inicio perceptivo de la información y su depósito en todos los tipos de memoria que hemos examinado, las informaciones son transformadas a través de procesos que las generalizan, las categorizan y las ordenan según principios causales, axiomas lógico-matemáticos y espacio-temporales, etc. Lo que no hemos dicho es qué sucede con los nuevos conocimientos, que siempre están ingresando a partir de experiencias no habituales.

Lo que ocurre es que la construcción de la realidad es una acumulación progresiva de mapas y matrices (alojadas en casi infinitas redes neuronales), que se constituyen en paradigmas que aceptan o rechazan la nueva información según sea o no sea coherente con las construcciones previas. Recordemos a este respecto los principios de funcionamiento conjunto del cerebro indicados en el capítulo 1.

Esto quiere decir que un nuevo dato, información o conocimiento se hace elegible y seleccionable cuando significa algo para las matrices y mapas previos, cuando es aceptable para los paradigmas previamente estructurados. Nos parece que esta cuestión es decisiva para el aprendizaje, para el cómo se aprende. Mirado este asunto desde un punto de vista prospectivo, puede decirse que aprenderá más y mejor aquel sujeto que tenga más matrices, y mejor estructuradas. Quien no las tenga, no tendrá dónde instalar y encarnar los nuevos conocimientos. Este concepto puede ejemplificarse a través de una analogía. Quien en su organización cerebro-mental tiene más y mejores matrices y mapas, se parece a quien tiene una casa bien diseñada y bien construida. Elegirá muebles para ella, sabiendo bien dónde instalarlos y dónde serán útiles. Rechazará con razones los que no le sirvan, buscará y seleccionará con diligencia los que efectivamente requiere para cumplir algún propósito. Para la cocina, los dormitorios, la sala, etc. Quien no tiene el espacio previamente organizado (una casa mal diseñada, o a medio camino) será más ciego para las oportunidades, o aceptará trastos inútiles. Pero la mente se parece más a

un edificio con miles de departamentos que a una casa. Así, la analogía puede extenderse, pues habrá en algunos casos solo ciertos departamentos bien diseñados y terminados. En otros, la mayoría o todos (caso muy poco corriente para la mente humana) estarán disponibles para seleccionar bien los muebles necesarios, que entonces tendrán significación.

3.3. La significación

Si trasladamos esta analogía constructiva a la mente humana, surgen datos muy importantes para una teoría del aprendizaje. Siempre se dice que la formación es distinta a la instrucción. Sin duda, la primera se refiere a la construcción de los cimientos básicos del conocer, esto es, matrices y mapas que constituyen paradigmas nucleares y estables de la construcción de la realidad, por lo que hacen posible la adquisición de conocimientos nuevos (información), que ingresan y se instalan con fluidez. El niño o el joven que no logra estructurar esas arquitecturas fundamentales de los saberes, no retendrá nueva información, pues no tiene donde ponerla, donde colgarla; no tiene significación.

Lo más frecuente, sin embargo, siguiendo con la analogía, es que habrá algunos que tienen solo algunos departamentos adecuados para amoblar, según prefieran el fútbol, o las entretenencias, o su campo de intereses o su profesión. En la selección, no ya de los muebles, sino de los departamentos, juegan las motivaciones social y culturalmente aprendidas. Sin embargo, en todos los casos de selección de soluciones (nuevos conocimientos) para resolver problemas, pueden usarse los mecanismos de aprendizaje bien estudiados en Pedagogía. Aun así, en este punto nos parece necesaria una formulación más específica de “cómo se aprende”, fundada en los antecedentes neurobiológicos entregados en distintos capítulos de este libro.

De partida, debemos tener presente que las formas de aprender y sus mecanismos dependen del modo como está organizado el cerebro y sus diversas capacidades, no solo sus

memorias. Desde este punto de vista, pueden distinguirse dos vías de ingreso de información y de aprendizaje.

La primera, evolutivamente más antigua, está constituida por las rutas secuenciales de procesamiento informacional que llamamos *bottom-up*, es decir, de abajo a arriba. Es una forma más pasiva, que selecciona los datos y las habilidades que ingresan según valor y significación, y que permite activar los dispositivos innatos de procesamiento.

La segunda vía, muy desarrollada en el hombre, es una forma activa y orientada, que opera a partir de la búsqueda de conocimientos y habilidades para resolver problemas concretos que permitan alcanzar objetivos y metas. En este caso, las operaciones neurobiológicas son de tipo *top-down* (de arriba a abajo), pues los estímulos parten desde las regiones prefrontales encargadas de los procesos ejecutivos y el control superior del comportamiento.

En la práctica, sin embargo, ambas formas de aprendizaje operan de manera integrada y coordinada, siendo la vía *bottom-up* más frecuente en niños, y la *top-down*, más importante en jóvenes y adultos. Los mecanismos de aprendizaje *bottom-up* están siempre sustentados en una competencia básica del cerebro humano: la curiosidad y la tendencia a explorar los ambientes, a “poner a prueba” conocimientos y axiomas. Este rasgo es, como hemos visto, la neotenia.

La *imitación* es importante no solo en los niños pequeños, sino también en los adultos, pues, como se sabe, el cerebro humano y el de los primates superiores poseen las así llamadas neuronas espejo, que nos sirven para imitar conductas, y también para entender empáticamente a los demás. Todo depende de en qué región están ubicadas en el cerebro, sea en las áreas que procesan conceptos o movimientos, sea en las que procesan afectos. Del mismo modo, la *asociación* es eficiente como mecanismo de aprendizaje, porque se supone que el nuevo conocimiento es significativo en las matrices ya disponibles. El *condicionamiento simple* y el *condicionamiento reflejo*, tan estudiados por los conductistas en el pasado, tienen importancia en aprendizajes sujetos a la fórmula premio-castigo, con

sus correspondientes “refuerzos” positivos o negativos, y para situaciones límite en las que se desencadenan emociones muy primarias (miedo o ira); es decir, tienen no solo significaciones, sino también valor de supervivencia.

Sin embargo, la fórmula premio-castigo se relaciona con lo que hemos dicho sobre definición de conductas, actitudes y valoraciones, a partir de la búsqueda de gratificaciones y del impulso de evitar riesgos. Naturalmente, el impacto de las gratificaciones y los castigos varía con la edad. Para los muy pequeños, el premio será el cariño y las atenciones maternas, y el castigo, las diversas medidas que la familia toma para disciplinar las comidas, el sueño, los vagabundeos, etc. En el adulto, los premios se relacionan con gratificaciones y satisfacciones producidas por el logro de metas que corresponden a objetivos muy deseados, y los castigos, principalmente emocionales (pero no solo de ese tipo), serán la tristeza, el desaliento, la rabia por errores propios, por estrategias conductuales equivocadas, o el impacto provocado por acciones de otros —enemigos, competidores, burócratas, etc.—, que pueden ser azarosas o deliberadamente dañinas. En el caso de los adultos, es evidente que la relación entre satisfacción y conducta se ha internalizado, como también la posibilidad de análisis crítico de las estrategias conductuales empleadas y de sus márgenes de corrección futura. El proceso que va desde el niño pequeño, que debe aceptar normas externas, hasta la internalización de estrategias, normas y preferencias por los mayores de 21 años, es bien conocido por psicólogos y educadores (Piaget, Gardner, y sobre todo Kohlberg, para normas morales), por lo que no se abundará aquí en más detalles.

El así llamado aprendizaje por “ensayo y error” es de alguna manera una forma intermedia entre “premio-castigo” y el aprendizaje más maduro orientado por la resolución de problemas. Comparte con el primero la búsqueda de una satisfacción (premio), implicada y tenida en cuenta como refuerzo positivo si la conducta aprendida lleva a algún logro, o como refuerzo negativo si la conducta significa riesgos y malestares, por lo cual también debe ser aprendida para evitarla. Pero

el aprendizaje por ensayo y error carece de la especificidad y orientación que se genera al aprender buscando resolver problemas para lograr metas, pues la “prueba” es más azarosa y contingente, y dificulta la formulación de planes y programas de mediano y largo plazo, con lo que la anticipación es mucho menos eficiente.

De esta manera, la más poderosa forma de aprendizaje en niños, jóvenes y adultos se produce cuando son orientados por la resolución de problemas y la elaboración de estrategias para alcanzar objetivos. En este caso, el sujeto que busca activamente un conocimiento o una habilidad que necesita debe primero establecer hipótesis factibles sobre cuáles informaciones se requieren para resolver el problema que enfrenta, cómo encontrarlas, cómo usarlas, etc.

A este proceso de “simulación mental”, que llamamos pensamiento creativo, se agregan las estrategias y acciones necesarias para obtener los saberes (conocimientos y habilidades) que cada caso demanda. Naturalmente, estas hipótesis y estrategias deben ser de algún modo confrontadas con la realidad, a través de distintas formas de prueba.

La pregunta a los educadores es obvia. ¿Cómo ampliamos las áreas de significación, más allá de las que entrega el propio medio sociocultural? (Más departamentos). ¿Cómo diseñamos las instalaciones, de modo que permitan seleccionar bien los mejores muebles? (Conocimientos). Esta visión del aprendizaje puede corroborarse observando el modo como aprenden los adultos. Un abogado competente puede incorporar fácilmente a su bagaje de conocimientos una modificación legal (las hay a cada paso), e integrarla así significativamente en su matriz de conocimientos jurídicos previos, que no cambia en su núcleo esencial. Lo mismo pasa con un médico, que debe mantenerse al día en su especialidad; con un empresario, que debe conocer las nuevas y cambiantes situaciones del mercado; con un comentarista deportivo ante los cambios de jugadores, y con un periodista político o de espectáculos. En todos estos casos, la selección e incorporación de nueva información significativa es fluida y casi automática.

Un asunto distinto es el aprendizaje de comportamientos morales. Hemos dicho que ellos responden, en los niños más pequeños, a mecanismos de premio-castigo, porque el mal comportamiento produce recriminaciones, privaciones, etc., y el bueno, felicitaciones, recompensas, etc. Sin embargo, el sistema de premio y castigo se aplica más a las convenciones sociales que deben ser aprendidas que a los principios básicos y evolutivamente exitosos, que analizamos en el capítulo correspondiente a la Neurobiología de la vida en sociedad. El problema surge cuando se confronta un apetito o deseo muy fuerte con valores morales básicos (que tienen su propia gramática). En general, se prefieren los valores básicos, especialmente cuando son sinérgicos con fuertes motivaciones sociales, como no perder prestigio, jerarquía, o la confianza de otras personas. Recuérdese que los juicios morales autónomos, es decir, no definidos por el medio, recién son posibles después de los 20 o 21 años.

CAPÍTULO 14

EL CEREBRO, LA CULTURA Y LA EDUCACIÓN

A lo largo de las páginas precedentes hemos presentado evidencias e hipótesis sobre las capacidades de aprendizaje del cerebro, enormemente multiplicadas en la especie humana, hasta un punto tal que le ha permitido dominar y eventualmente destruir la naturaleza, que le proporciona sus medios de sobrevivencia. De esta manera, ha construido un entorno que, aunque utiliza recursos naturales, es de su propia hechura. Este entorno, constituido por utensilios, artefactos, instalaciones y equipos producidos por la tecnología, se organiza y desarrolla a partir de sistemas de relaciones e instituciones sociales que estructuran la vida de cada cual, desde su concepción hasta su muerte. Ambos componentes de la vida humana, tecnología y organización social, con sus enormes y crecientes complejidades e interrelaciones, tienen su origen en capacidades y dispositivos neurobiológicos evolutivamente determinados, que, al mismo tiempo que abren múltiples oportunidades de crecimiento y desarrollo, establecen límites y condiciones a nuestra forma de estar en el mundo.

Considerando esas oportunidades y esos límites, puede decirse que cada ser humano es el producto de una coevolución, a la que han contribuido tanto su neurobiología como su cultura. Ambas, actuando a través de sus respectivos mecanismos, impulsan, orientan y determinan la evolución de la humanidad y de cada uno de sus miembros. La primera, instalando dispositivos y funciones innatas, que tienen sus propias lógicas operacionales, genéticamente determinadas (características

y ritmos del desarrollo del niño, sistemas de procesamiento de información, procesos ejecutivos, conciencia, etc.); la segunda, a través del aprendizaje y sus diversas formas, incluida la multiplicidad de contenidos que a cada paso se deben considerar, y las habilidades y destrezas que se deben adquirir, teniendo presentes en ambos casos su enorme volumen y su rápido e incesante cambio. Las habilidades en lecto-escritura demoraron milenios en establecerse, y se generalizaron solo en la época moderna. La Física, la Química y la Biología actuales han incrementado y variado sus conocimientos e hipótesis fundamentales recién en los últimos cien años, y lo mismo ha ocurrido con las diversas ciencias sociales (Antropología, Sociología, Economía). Las nuevas tecnologías de la información y la comunicación se han generalizado en el mundo entero solo algunos decenios después de su aparición, con lo que su aprendizaje, que implica conocimientos informáticos y destrezas operacionales, se ha hecho urgente para todos.

En estas circunstancias, caben algunas consideraciones que parecen importantes en el capítulo final de un texto sobre la Neurobiología del conocimiento y la educación. La primera se refiere a las relaciones entre la Biología y la cultura, tema debatido durante milenios, pero que hoy, gracias a lo que sabemos, podemos focalizar, no ya a nivel filosófico y teórico, sino de modo más práctico y concreto. Desde este punto de vista, la primera cuestión que surge es si Biología y cultura son, como muchos creían, dos ámbitos independientes. La respuesta actual es que no lo son. En diversos capítulos de este libro hemos mostrado cómo los procesos neurobiológicos y los aprendizajes culturales se imbrican e interrelacionan de un modo tal, que su diferenciación es imposible. Las informaciones que se aprenden y depositan en la memoria sufren procesamientos biológicos ya desde su ingreso perceptivo, y son luego sometidas a generalizaciones, categorizaciones y asociaciones emocionales, lingüísticas y conceptuales que las convierten en representaciones funcionales de la realidad, copias exactas solo en el sentido de que sirven muy bien a los propósitos operacionales de la mente y el cerebro. Lo mismo puede decirse de las emociones y la racio-

nalidad, que generan lo que hemos llamado, respectivamente, saberes subjetivos y objetivos. El habla humana se sustenta en un léxico y unas formas de expresión semántica ciertamente aprendidos, pero organizados a partir de gramáticas fundamentales innatas. Por último, tenemos las habilidades superiores, procesos ejecutivos que constituyen el fundamento de la inteligencia general y que son igualmente innatos, pero que deben ser activados por las experiencias que les proporcionan sus contenidos, que a su vez estimulan su desarrollo y puesta a punto. Por su parte, la conciencia, que no tiene contenido propio, es un espacio donde el sí mismo percibe en presente los múltiples y cambiantes sucesos de la vida mental a los que accede.

En todos los casos aquí examinados, y en muchos otros de la misma índole, la distinción entre lo innato (biológico) y lo aprendido (cultural) es más bien teórica, porque en la práctica, su actuación conjunta en desempeños y comportamientos concretos los hace indistinguibles. De esta manera, hablar de coevolución tiene mucho fundamento, y evita discusiones que en la época actual tienen poco sentido. De hecho, la tecnología y la cultura dependen de los atributos biológicos del ser humano, pero a partir de ellos siguen sus propios derroteros.

Hemos sostenido anteriormente que las capacidades y competencias neurobiológicas abren espacios de desarrollo y prosperidad al ser humano, pero que también están circunscritas a ciertos límites. La memoria inmediata consciente (que no es lo mismo que la memoria de trabajo) no puede retener en promedio más de siete ítems. Muy pocas personas pueden hacer multiplicaciones o divisiones mentales con cifras de más de cuatro dígitos. Para tomar decisiones adecuadas frente a metas complejas, es necesario descomponerlas en submetas más simples. Lo mismo ocurre con procesos lógicos que tienen muchos componentes. Estas limitaciones son conocidas, y para resolverlas se han desarrollado estrategias mentales como las indicadas en este libro, o aparatos que procesan información masiva en pocos instantes, como los computadores.

Hay, sin embargo, una restricción biológica al desarrollo de la mente que no tiene resolución posible. Se trata de las

etapas de maduración del cerebro, cuyos ritmos y secuencias, genéticamente programadas, no pueden acelerarse sino en márgenes muy pequeños, como ocurre con ciertas habilidades artísticas (tocar instrumentos), en las que, mediante un entrenamiento constante de los muy bien dotados, pueden lograrse resultados positivos en niños muy pequeños (método Suzuki, por ejemplo). Naturalmente, los sistemas educacionales tienen conciencia de los límites que presentan las etapas de maduración, no solo cerebrales, sino también metabólicas, endocrinas y músculo-esqueléticas, por lo que programan sus enseñanzas en progresiones acordes con esas etapas. La cuestión es que, de algún modo, casi siempre llegan tarde. Veamos por qué, y qué efectos produce ese retraso, particularmente en la educación formal.

Existe hoy día un consenso generalizado respecto a que los aprendizajes muy tempranos, entre 0-3 y 6-7 años (etapas sensorio-motoras y preoperatorias de Piaget), tienen ciertas características irreductibles. La memoria emocional, que Piaget no estudió, preocupado solo de los aspectos cognitivos de la maduración, se establece desde el nacimiento del niño, que casi de inmediato sonrío si está confortable y con la cara de la madre delante, y llora si está molesto o hambriento. Recordemos que la memoria declarativa y la memoria implícita, que implican desarrollo de habilidades superiores, aparecen después de los 3 años de edad, y alcanzan mayor capacidad a los 6-7 años, pero solo para las operaciones concretas de Piaget. Esto significa que una cantidad de procesos neurobiológicos que requieren valoraciones, la mayor parte de las cuales son de origen afectivo, generan ciertas orientaciones bien definidas en ese período de aprendizaje temprano, es decir, de 0 a 6 años. Entre estos procesos se encuentran algunos tan trascendentales como las motivaciones, al punto que los deseos y creencias que más se valoran durante la vida reciben en ese período temprano ciertos énfasis difícilmente cambiables posteriormente, pues llegan a ser "nucleares". También el aprendizaje (llamémoslo afectivo) de normas y costumbres de la vida social, en cuanto se valoran como positivas o negativas, se inicia en esa primera

etapa; ya a los 4 años, los niños pueden desarrollar teorías de la mente, que son, como hemos dicho, lecturas no conscientes de patrones, y no evaluaciones objetivas y racionales.

Por otra parte, se sabe que la relación de apego niño-madre, que se establece desde antes del nacimiento, es un potente factor positivo en el aprendizaje temprano, y muy difícil de sustituir. Así lo demuestran variadas experiencias históricas, en las cuales la institucionalización de los niños recién nacidos tuvo efectos más bien negativos a largo plazo. Esto ocurrió con la educación espartana, las comunas populares soviéticas y chinas, y los kibbutz israelitas. La explicación neurobiológica de ese resultado es simple. Las regiones del sistema límbico, más primitivas, que procesan las emociones y sus memorias, maduran antes que las regiones neocorticales, más recientes, que procesan formas “cognitivas”, tanto de memorias como de otras competencias cerebrales. A estos datos neurobiológicos se agregan ciertos efectos sociales. Aún no está claro qué pasa con niños muy tempranamente “escolarizados”, aunque la institución sea un jardín infantil. Hay quienes sostienen que estas instituciones no pueden reemplazar a la madre y la familia, aunque se dice que esto se obviaría mejorando la calidad de la interacción de la madre con el niño, aunque sea por un espacio de tiempo más corto. Sin embargo, nadie sabe bien qué significa “mejorar la calidad de la interacción”, y menos cómo se puede lograr.

Algunos antropólogos modernos, como Goetz, piensan que el papel de la cultura es dotar a sus miembros de esquemas de selección de informaciones, conocimientos y comportamientos considerados buenos y aceptables, posibilitándoles así el rechazo de los que no concuerdan con esos esquemas. De esta manera, la cultura en la que cada cual se socializa es un “marco aprendido de distinciones”, que orienta preferencias y negaciones, acercamientos o distanciamientos de cosas, personas, eventos y circunstancias. Al mismo tiempo, sabemos que la construcción de la realidad por el cerebro humano y sus modificaciones también opera mediante sistemas de selección. Recordemos que la memoria de largo plazo selecciona

sus objetos según valor, significación y familiaridad o posibilidades de asociación. A partir de este conjunto de antecedentes, puede sostenerse que una etapa muy significativa en la valoración del mundo es la primera infancia. Dado que tales valoraciones influyen muy decisivamente en las motivaciones, la vida social y la selección posterior de elementos que se depositan en las memorias, la incorporación del niño a su cultura y a sus esquemas de selección se produce muy tempranamente. Esto también significa que, siendo la madre y la familia normal y sana los reales vectores o facilitadores de aprendizajes tempranos, el jardín infantil y las escuelas que imparten educación más formalizada llegan de alguna manera tarde. Es interesante constatar que lo que diferencia a niños (y personas) criados en subculturas distintas, no es la cantidad y tipo de conocimientos “objetivos” que poseen, que pueden ser similares, sino su valoración afectiva de los distintos asuntos y temas que la vida y la educación formal les presentan. Eso hace que sus intereses y actitudes sean diversos, y que también lo sean sus motivaciones, creencias y deseos más nucleares. Así, la actitud del niño hacia la educación formal, y su relación con conocimientos globales que valora como relevantes o desechables, está condicionada por su subcultura, que le marca desde muy temprano lo bueno y lo malo, lo satisfactorio y afectivamente gratificante, en oposición a lo banal o despreciable.

Naturalmente, siendo el cerebro tan plástico como es, en las etapas posteriores del desarrollo (operaciones concretas y operaciones formales de Piaget), la construcción de la realidad (del mundo) puede ir atenuando el impacto de estas estructuras que valoran (afectivamente) las diversas circunstancias. Esto es particularmente cierto cuando las valoraciones de origen temprano son muy diversas, y sobre todo contradictorias con las que se usan en los nuevos ambientes sociales en los cuales el niño y el joven requieren reconocimiento, prestigio y aceptación. Sin duda, esta difícil modificación de formas nucleares de valoración y orientación motivacional puede ser influida por consideraciones racionales más tardías, resultantes de conocimientos objetivos (capacidad crítica), aunque estas

pertenecen a otra forma de procesamiento cerebral. Cuando no hay un cambio de algún modo más radical en los ambientes (subculturales) con los que se requiere identificación y conocimiento, y tampoco capacidad crítica bien desarrollada, las valoraciones nacidas de aprendizajes emocionales muy tempranos se mantienen, y de hecho se acrecientan, pues establecen imágenes del mundo acordes con esos aprendizajes, incorporándoles las informaciones, deseos, creencias y modelos conductuales que se seleccionan para depositar en las memorias de largo plazo, por tener más valor y significación.

Parece muy probable que las valoraciones de asuntos relacionados con definiciones morales son algo diferentes. Esto es así porque, como se ha indicado en los capítulos pertinentes de este libro, la moral tiene su propia “gramática innata”, que permite hacer distinciones espontáneas, no aprendidas, entre el bien y el mal (matar, mentir, etc.). Pero es conveniente recordar que estas distinciones se aplican preferentemente al grupo de referencia con el cual cada uno se identifica, por lo que valen menos en las relaciones con grupos ajenos. Sin embargo, los sistemas normativos de las sociedades más complejas, aparecidas a partir del Neolítico, tienen un alcance mayor, que excede al grupo cazador-recolector del Paleolítico, y que incluye, junto con deberes y normas (legales, religiosas, sociales, etc.), premios y castigos, sistemas de jerarquías y esquemas de comportamiento supragrupales (por así decirlo). Estos arreglos no son, como se pensó durante mucho tiempo, puramente socio-culturales. Se establecen y construyen a partir de dispositivos neurobiológicos que hemos examinado con detención en este libro, pero que vale la pena volver a mencionar ahora.

La región supraorbitaria de los lóbulos prefrontales está encargada de controlar impulsos emocionales indebidos. Indebidos porque pueden generar conductas que, al no atenerse a normas, dificultan o bloquean la obtención de metas y submetas para alcanzar objetivos, con lo cual las gratificaciones esperadas se postergan. Tales metas y submetas forman parte de programas originados en regiones prefrontales laterales, y su éxito o fracaso respecto a los objetivos motivacionales origina-

les es evaluado por la corteza del cíngulo anterior. Además, la información sobre sistemas normativos de distinta naturaleza es incorporada a los datos que mantiene en línea la memoria de trabajo. Por último, el comportamiento atendido a normas morales o de otro tipo es tan nuevo en la evolución del cerebro, que solo en la especie humana aparecen las neuronas fusiformes capaces de procesar juicios morales autónomos, a partir de los 20 o 21 años.

Este recorrido de las causas y efectos neurobiológicos y conductuales del aprendizaje temprano tiene enorme importancia para la educación formal. Plantea los límites y también las posibilidades más fundamentales de la enseñanza deliberada. La potencia y estabilidad de los aprendizajes afectivos nucleares, culturalmente determinados, que operan a partir del nacimiento mismo, deben tenerse constantemente presentes, pues constituyen un factor decisivo en la definición de intereses, actitudes, motivaciones, creencias y deseos, ya que determinan la selección de los objetivos, metas y submetas, y en consecuencia las conductas. Pero no basta saber que esto existe, y que en su origen fue un proceso evolutivamente positivo y crucial, pues hace posible la unidad cultural del grupo de pertenencia. En las sociedades modernas, en las que es necesario salir del grupo paleolítico original, puede ser factor de dificultades y desajustes personales, y de la educación formal en su conjunto. En tales circunstancias, esta última puede orientarse más bien a los “promedios”, tanto en términos del origen sociocultural de los estudiantes como en cuanto a los conocimientos y habilidades que se enseñan, porque los considera apropiados y necesarios. Si a esto agregamos las diferencias caracterológicas e intelectuales (aptitudes, etc.) de niños y jóvenes, el impacto de la educación formalizada y deliberada puede ser menor que el esperado, sobre todo en países con grupos internos muy diferentes desde el punto de vista cultural y subcultural.

La propia Neurobiología del conocimiento nos entrega vías de solución para estos dilemas educacionales, que además tienen implicancias políticas y socioculturales que no examina-

remos aquí. Basta señalar asuntos de tanta trascendencia como la igualdad de oportunidades, la equidad y justicia en la distribución de la riqueza, a los cuales se suman muchos otros. El cumplimiento de esos requerimientos depende de las competencias y habilidades de cada cual para competir en la sociedad global, no solo dentro de su grupo de referencia inmediata, como es el supuesto básico de la evolución darwiniana, a partir de la cual opera el cerebro. Las vías de solución neurobiológica se encuentran en algunas características del aprendizaje revisadas a lo largo de este libro. Mencionaremos solo dos, que nos parecen las más importantes: el desarrollo de capacidades críticas, y las tendencias que hacen exitosa la vida en sociedad. Veamos cada una de ellas.

Hemos sostenido que la “capacidad crítica” consiste en la posibilidad de evaluar “objetivamente”. Es decir, de someter a criterios de racionalidad, tanto la veracidad de las evidencias que se tienen en cuenta para formular un juicio como la calidad “formal” de las inferencias (deductivas o inductivas) que se realizan en una determinada situación. Este análisis crítico del propio pensamiento (o del de otros, según el caso) es capaz de evitar juicios, inferencias o conductas erróneas, basadas más en deseos y creencias de alto valor emocional que en conceptos efectivamente representativos de la realidad y del sí mismo. También hemos dicho que el pensamiento crítico puede y debe educarse, pues a través de él, las hipótesis sobre el mundo pueden ser mucho más verdaderas, y las estrategias conductuales formuladas para alcanzar metas (y evitar errores y fracasos), mucho más eficaces.

Al estudiar la Neurobiología de la vida en sociedad, se señaló que los grupos del género *Homo* evolutivamente más exitosos, esto es, nuestros ancestros directos (el *Homo sapiens sapiens* es el único sobreviviente del género), lo fueron porque pudieron establecer varios parámetros de interacción social que producen marcos relacionales capaces de generar confianza, lealtades, cooperación, gratificaciones y ordenamientos sociales e institucionales. Entre tales parámetros de base biológica destacamos la capacidad de aceptar y asumir normas, el altruis-

mo, la organización en jerarquías y varias otras en las que la teoría de la mente juega un papel decisivo. Desde este punto de vista, uno de los mayores conflictos en la sociedad moderna, supragrupal, es que no suelen aplicársele esos parámetros, por creer que se limitan, en su operación “darwiniana”, a los grupos de referencia más cercanos. Sin embargo, a partir del Neolítico es posible demostrar que sociedades complejas son capaces de extender el concepto de grupo pequeño y cerrado, aplicándolo a estructuras sociopolíticas mucho más globales, que pueden incluir agricultores, artesanos, profesiones, partidos políticos, clubes deportivos y artísticos, etc., y proyectarse más allá de cada país a una dimensión regional, e incluso mundial. Esta ampliación de ámbitos de referencia y de sus componentes geográficos, políticos, económicos y culturales, es un componente sustancial de los avances espirituales de la humanidad, aunque llega a nuestros niños y jóvenes de manera fragmentaria. La TV, el cine, Internet, las sedes de los campeonatos deportivos, las contrataciones extranjeras de futbolistas, los viajes de autoridades políticas, generan imágenes más amplias que las del grupo local, más allá de las que proporciona la educación formal. Sin duda, la ampliación de ámbitos de referencia permitirá a las nuevas generaciones expandir su versión subcultural del mundo, de manera que sus intereses, gratificaciones, deseos y creencias escapen de algún modo a los estrechos márgenes de sus culturas grupales, o mejor dicho, tribales. Tal ampliación es, por supuesto, ocasión e instrumento de acción pedagógica.

ÍNDICE TEMÁTICO

Abajo - arriba (bottom up),	38, 42, 44, 55, 58, 96, 159, 160, 245, 246, 295
Abstracción, abstracto,	111, 142, 173, 201, 215, 217, 233, 248, 256, 258, 283
Acceder,	266
Acetilcolina,	35
Actitud,	109, 118, 150, 151, 154, 178, 179, 180, 236, 240, 273, 296, 304, 306
Activar, activación,	34, 39, 46, 51, 59, 81, 89, 137, 158, 171, 177, 179, 189, 191, 195, 241, 245, 246, 258, 262, 264, 282, 285, 287, 288, 289, 301
Actividad,	29, 45, 47, 51, 72, 82, 190, 237
Adaptaciones,	114
Adquisición,	283
Afectos, (ver emociones)	
Agencia,	227, 250, 265, 266, 267, 268, 269, 272
Ajuste,	45, 62, 63, 64, 70, 71, 74, 76, 94, 200, 245, 246, 253
Alerta,	133, 216, 263, 265
Algoritmos,	53, 145, 184, 241, 245, 251, 277, 288, 289, 292
Altruismo,	113, 114, 115, 117, 127, 137, 236
Ambiente,	25, 26, 45, 46, 47, 52, 53, 55, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 81, 82, 83, 89, 90, 92, 93, 94, 95, 96, 98, 108, 118, 120, 132, 143, 144, 165, 169, 174, 175, 182, 183, 190, 202, 219, 225, 226, 227, 237, 238, 240, 242, 245, 278, 279, 280, 282, 285, 291, 297, 299, 304
Amígdala, amigdaliano,	162, 167, 171, 200
Anticipar,	71, 72, 78, 79, 80, 81, 82
Análisis, analizar,	211, 190, 212, 273, 274, 288, 289, 307,

Apego,	166
Apetitos primarios,	29
Aprender, aprendizaje,	1, 25, 26, 39, 45, 47, 49, 51, 52, 53, 55, 56, 58, 59, 61, 62, 63, 66, 68, 69, 70, 71, 72, 74, 76, 77, 79, 80, 89, 91, 93, 94, 95, 96, 97, 100, 101, 102, 103, 111, 118, 123, 125, 126, 127, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 144, 145, 150, 151, 152, 154, 156, 158, 165, 171, 174, 179, 180, 189, 199, 211, 212, 221, 222, 224, 226, 227, 228, 234, 236, 238, 240, 248, 251, 252, 254, 258, 265, 270, 271, 272, 273, 274, 277, 278, 279, 280, 281, 282, 283, 284, 285, 287, 289, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 296, 298, 300, 303, 305, 306
Aptitudes,	306
Arquitectura,	175, 246, 253, 271, 281, 294
Arriba - abajo (top down)	38, 42, 44, 55, 57, 58, 96, 99, 100, 132, 133, 137, 138, 150, 159, 160, 170, 173, 215, 216, 231, 246, 269, 295
Asignación de valor,	282, 283
Asimilación,	49
Asociaciones, asociativas,	38, 40, 41, 44, 45, 79, 246, 266, 290, 295, 304
Atención, atencional,	42, 44, 83, 102, 103, 133, 134, 135, 136, 137, 140, 150, 151, 178, 215, 216, 232, 244, 263, 264, 265, 290
Atención ejecutiva,	243, 244
Audición, auditiva,	26, 38, 43, 56, 134, 135, 136, 234, 281
Autoconciencia,	40
Automatismo, automática,	63, 81, 82, 92, 93, 148, 253, 258, 261, 262, 263, 267, 268, 278, 279, 285, 290
Autonómicos,	170, 262, 298
Axones,	28, 34, 35, 43, 49, 50, 51, 69, 70, 71, 160, 169, 172, 246, 262, 280
Bottom up (ver abajo - arriba)	
Cambios, (variaciones),	33, 60, 66, 67, 68, 76, 77, 119, 165, 170, 171, 237, 242, 263, 278, 279, 280

Capacidad crítica,	190, 258
Capacidades (ver facultades)	
Carácter, caracterológico,	96, 97, 118, 122, 242, 236
Catalogar,	272
Categoría, categorización, categorial,	80, 93, 141, 142, 143, 144, 149, 152, 153, 158, 159, 162, 173, 190, 195, 223, 224, 229, 250, 258, 268, 272, 284, 285, 293
Cenestésica,	41, 43, 134
Cerebelo,	28, 161, 162, 190, 197
Cerebro, cerebral,	25, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 35, 36, 38, 39, 41, 42, 43, 45, 46, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 57, 58, 59, 61, 62, 68, 70, 71, 72, 73, 77, 78, 79, 80, 81, 82, 84, 85, 89, 92, 97, 98, 99, 100, 101, 102, 106, 107, 108, 110, 111, 112, 113, 121, 131, 133, 134, 138, 144, 146, 151, 152, 153, 159, 160, 169, 177, 178, 183, 188, 190, 191, 193, 194, 195, 198, 199, 200, 201, 205, 210, 215, 217, 222, 223, 224, 226, 230, 233, 235, 240, 241, 245, 246, 247, 250, 251, 252, 253, 262, 263, 264, 268, 271, 272 277, 280, 281, 285, 286, 291, 292, 293, 294, 295, 299, 302, 303, 307
Cíngulo,	28, 167, 200, 253, 254, 289, 305
Circadianos,	29, 238
Circuitos neuronales,	162, 164, 167, 168, 169, 171, 200
Circunvoluciones cerebrales,	26
Código, codificar,	56, 92, 113, 140, 142, 172, 190, 200, 201, 202
Coficiente intelectual,	242
Coevolución,	299, 301
Cogniciones, cognitivas, cognoscente,	28, 38, 48, 99, 128, 131, 134, 137, 138, 139, 151, 157, 160, 162, 190, 243, 247, 258, 266, 284, 289, 290
Competencias (ver facultades)	
Comunicaciones,	35, 69, 108, 137, 172, 184, 216, 219, 220, 221, 224, 225, 227, 228, 229, 230, 232, 233, 234, 240, 256
Conciencia,	28, 32, 44, 45, 57, 69, 80, 81, 91, 92, 98, 99, 102, 108, 116, 126, 133, 136, 148, 152, 153, 184, 193, 216,

	218, 229, 230, 233, 245, 257, 261, 262, 263, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 271, 277, 291, 292, 301
Conciencia lúcida,	265, 266, 267, 268, 270, 271
Conexiones,	33, 39, 41, 49, 51, 56, 131, 153, 167, 170, 171, 172, 199, 200, 222, 233, 234, 235, 246, 252, 253, 254, 256, 262, 280
Confianza, confiabilidad,	109, 110, 111, 112, 117, 126, 137, 186, 298, 307
Conocimiento,	25, 38, 49, 61, 62, 64, 65, 66, 68, 69, 71, 73, 74, 75, 76, 77, 79, 82, 84, 89, 91, 92, 94, 95, 98, 111, 125, 127, 132, 133, 139, 140, 141, 142, 147, 148, 150, 151, 152, 154, 155, 156, 160, 163, 174, 175, 180, 181, 183, 184, 186, 188, 190, 191, 194, 195, 197, 198, 203, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 229, 234, 240, 244, 245, 248, 249, 252, 258, 261, 262, 263, 267, 268, 271, 272, 273, 277, 278, 279, 280, 281, 283, 284, 285, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 300, 304
Consciente,	57, 134, 136, 138, 155, 172, 182, 216, 217, 233, 244, 248, 261, 262, 263, 265, 268, 272, 273, 301
Constructos,	68, 153, 201, 225, 239, 283, 285
Contextualizar, contextos,	77, 93, 199, 208, 229, 284
Control,	26, 28, 29, 53, 103, 176, 178, 189, 199, 243, 245, 246, 250, 253, 256, 257, 258, 267, 277, 281, 287, 289, 295, 305
Convergencia,	95, 273
Corteza cerebral,	28, 30, 32, 38, 39, 40, 43, 170, 171, 190, 200, 231, 233, 252, 253, 254, 268, 281, 305
Corticales,	162, 169
Crítica, críticamente,	92, 103, 138, 176, 190, 195, 196, 197, 198, 203, 212, 255, 258, 269, 273, 274, 287, 289, 290, 292, 304, 305, 307,
Cromosomas,	64
Cuerpo caloso,	27, 28, 35

Dendritas,	35, 49, 50, 69, 280
Denotativo, denotar,	228, 229, 230, 236
Desactivación,	280
Desarrollo, desarrollar,	48, 51, 52, 58, 59, 72, 75, 80, 98, 103, 108, 112, 174, 176, 189, 193, 195, 197, 210, 217, 227, 236, 257, 258, 264, 266, 271, 273, 278, 280, 281, 282, 285, 286, 287, 300, 301, 303, 307
Destrezas,	75, 228, 277, 283, 300
Diferenciación,	117, 225, 231, 306
Disonancias,	103, 139, 247,
Disposiciones,	52, 59, 68, 108, 138, 180, 240
Dispositivos,	26, 57, 59, 68, 69, 70, 71, 74, 75, 76, 80, 89, 96, 97, 102, 107, 109, 112, 121, 126, 132, 140, 148, 150, 158, 165, 167, 170, 173, 176, 189, 201, 210, 215, 227, 235, 240, 246, 270, 279, 280, 299, 305
Dominios,	28, 29, 43, 45, 49, 73, 74, 85, 112, 124, 131, 187, 189, 191, 194, 228, 235, 280, 284, 287
Dopaminérgicas,	253
Educación,	59, 66, 69, 79, 80, 82, 91, 94, 95, 111, 117, 124, 126, 127, 134, 137, 150, 151, 152, 154, 155, 157, 172, 180, 189, 190, 198, 203, 205, 209, 210, 212, 227, 232, 258, 270, 273, 274, 277, 283, 299, 300, 302, 304, 306, 307, 308
Efectores,	169, 262
El sí mismo,	42, 44, 61, 71, 90, 91, 93, 95, 98, 99, 141, 164, 182, 184, 187, 194, 205, 229, 230, 237, 252, 262, 263, 264, 265, 269, 280, 282, 301, 307
Emergencia,	47, 48
Emisor,	219
Emociones,	26, 28, 38, 41, 43, 44, 47, 53, 55, 69, 71, 77, 80, 90, 92, 99, 102, 103, 116, 117, 131, 133, 137, 138, 140, 141, 144, 151, 160, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 181, 182, 183, 186, 193, 194, 198,

	200, 205, 210, 211, 216, 219, 229, 231, 232, 233, 240, 242, 243, 246, 247, 248, 250, 252, 253, 254, 258, 261, 262, 264, 265, 266, 267, 268, 269, 270, 277, 285, 288, 289, 290, 296, 300, 302, 303
Encéfalo,	33, 262
Endocrina,	302
Endorfinas,	35
Entrenar, entrenamiento,	51, 52, 112, 189, 195, 210, 221, 287, 302
Epigénesis,	47, 48, 55
Epistemología,	192, 198, 209
Espículas,	280
Estatus,	119, 120,
Estimaciones,	78
Estímulos , estimulación,	35, 39, 42, 46, 51, 56, 57, 80, 89, 96, 100, 102, 103, 114, 117, 126, 133, 134, 136, 137, 139, 159, 160, 165, 166, 174, 175, 179, 210, 216, 246, 258, 263, 264, 278, 282, 287, 295, 301
Estrategias,	44, 54, 95, 96, 108, 120, 136, 145, 163, 166, 183, 184, 185, 186, 187, 190, 211, 245, 248, 251, 253, 258, 271, 272, 273, 274, 279, 288, 289, 291, 292, 296, 297, 301, 307
Estructuras, estructurales,	31, 38, 52, 54, 56, 58, 69, 70, 71, 80, 97, 100, 101, 108, 111, 120, 121, 141, 152, 161, 167, 177, 187, 190, 194, 197, 209, 221, 222, 223, 225, 227, 230, 231, 238, 239, 243, 248, 251, 253, 256, 268, 271, 281, 293, 308
Evidencias,	197, 198, 203, 307
Evolución, evolutivo,	25, 26, 59, 62, 63, 64, 66, 67, 68, 70, 71, 74, 93, 100, 108, 111, 114, 118, 119, 121, 131, 144, 173, 174, 177, 181, 182, 190, 205, 209, 210, 215, 217, 219, 221, 222, 229, 232, 298, 299, 301, 306, 307
Exitatoria,	34
Expectativas,	76, 79, 92, 96, 97, 175, 186, 236, 237, 239, 240, 243, 277, 278, 280, 291

Experiencias, experimental,	38, 42, 45, 46, 51, 52, 55, 59, 70, 73, 75, 76, 77, 80, 89, 95, 97, 98, 100, 101, 103, 107, 111, 140, 155, 156, 187, 196, 226, 227, 229, 265, 282, 284, 285, 286, 289, 301
Factibilidad,	288
Facultades,	25, 39, 51, 52, 53, 54, 55, 63, 69, 70, 71, 73, 82, 85, 89, 91, 92, 98, 99, 102, 103, 108, 109, 113, 114, 117, 118, 131, 132, 133, 140, 141, 142, 144, 145, 148, 151, 155, 158, 161, 182, 186, 189, 190, 193, 194, 195, 198, 202, 203, 210, 211, 215, 216, 217, 220, 226, 227, 228, 235, 240, 242, 243, 255, 258, 265, 266, 267, 270, 271, 277, 283, 287, 288, 289, 292, 295, 301, 303, 307
Familiaridad,	152, 304
Fenotipo mental,	52, 54, 55, 66, 114, 121
Ferhormonas,	165, 219
Fibras,	26, 28, 29
Flexibilidad,	247
Focalizar,	102, 134, 216, 232, 243, 264, 265
Fonación, fonemas, fonológico,	28, 57, 221, 223, 225, 227, 230, 234, 285
Formatos,	238
Función ejecutiva,	262
Ganglios,	71, 171
Gen, genético,	14, 25, 39, 47, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 72, 114, 115, 119, 121, 122, 159, 217, 258, 270, 279, 280, 281, 282, 285, 287, 299, 302
Genoma,	25, 54, 63, 122, 174, 278, 279, 285
Genotipo,	114
Glía,	33, 34
Go,	247, 254
Gratificación,	252, 253, 254, 255, 282, 284, 296, 305, 307
Habilidad,	30, 38, 127, 128, 161, 162, 248, 249, 258, 277, 279, 281, 283, 290, 297, 300, 301, 302
Habitación,	290
Haces axonales,	246

Hemisferios cerebrales,	26, 28, 35, 40, 41, 56, 253
Hipocampo,	70, 111, 160, 161, 162, 280
Hipófisis,	29
Hipotálamo,	29, 169, 170, 171
Hipótesis,	25, 61, 62, 68, 71, 72, 73, 74, 79, 80, 82, 89, 104, 105, 107, 112, 116, 152, 196, 221, 225, 227, 258, 272, 273, 277, 279, 281, 292, 297, 299, 300, 307
Hombre, homínidos, homo,	62, 63, 64, 67, 71, 105, 108, 109, 112, 155, 179, 188, 215, 221, 222, 257, 299
Hormonales,	29, 46, 262
Identidad,	148, 208, 230, 264, 282
Imágenes,	41, 46, 75, 91, 93, 96, 97, 98, 100, 305
Imitación,	96, 114, 228, 290, 295
Implícitas,	262
Impulsos,	163, 176, 200, 236, 237, 242, 243, 252, 253, 254, 255, 282, 283, 289, 305
Inconsciente,	116
Indicadores,	110
Individuación,	93, 108, 109, 111, 118, 122, 195, 240, 250, 257, 278, 287
Inducciones,	198, 254
Inferencias,	141, 142, 189, 190, 194, 195, 196, 197, 307
Informaciones,	28, 33, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 46, 53, 56, 57, 61, 62, 63, 64, 65, 66, 68, 70, 71, 73, 77, 80, 82, 84, 92, 105, 127, 131, 132, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 144, 145, 146, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 170, 171, 179, 186, 187, 198, 199, 223, 240, 241, 244, 245, 246, 247, 250, 264, 266, 272, 278, 282, 283, 284, 285, 286, 290, 291, 292, 293, 294, 295, 297, 300, 305, 306
Inhibición,	34, 200, 243, 244, 246, 248
Innatas,	52, 53, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 68, 69, 89, 103, 113, 150, 165, 189,

	201, 224, 225, 227, 238, 239, 279, 280, 282, 285, 287, 299, 301, 305
Innovación,	126, 248
Instintos, instintivo,	73, 109, 224, 225, 226, 255, 282
Ínsula,	110, 167
Inteligencia,	177, 196, 199, 242, 243, 247, 248, 283, 287, 288, 301
Intencionalidad,	38, 42, 44, 82, 116, 117, 134, 137, 140, 150, 151, 154, 177, 245, 263, 265, 266, 267
Interacción,	48, 58, 68, 74, 219, 270
Intereses,	108, 126, 133, 236, 237, 273, 304, 306
Internalización,	296
Introspección,	91, 201, 231, 264, 267
Intuición,	81, 101, 116, 117, 201
Jerarquía,	40, 42, 70, 118, 119, 120, 121, 122, 126, 127, 200, 237, 238, 246, 248, 282, 297, 305
Juicio, juzgar,	32, 52, 69, 71, 80, 92, 97, 99, 114, 140, 179, 181, 182, 185, 186, 187, 192, 193, 194, 197, 198, 200, 201, 203, 210, 211, 212, 229, 231, 234, 238, 242, 264, 270, 277, 282, 286, 298, 306, 307
Lenguaje, lengua, lingüística,	26, 32, 38, 42, 44, 48, 50, 51, 53, 56, 58, 59, 74, 90, 95, 99, 101, 102, 108, 116, 117, 131, 140, 148, 155, 170, 171, 172, 173, 175, 184, 190, 202, 208, 210, 212, 215, 216, 217, 218, 220, 221, 222, 223, 224, 225, 226, 227, 228, 229, 230, 231, 232, 233, 234, 239, 240, 242, 243, 248, 256, 257, 265, 267, 268, 270, 271, 277, 278, 282, 285, 288, 289, 291 224, 227, 230, 231, 301
Léxico,	192, 238
Leyes,	
Lóbulos cerebrales,	26, 28, 30, 33, 35, 37, 41, 51, 52, 56, 134, 141, 143, 144, 167, 178, 222, 223, 242, 243, 247, 277, 305
Localizaciones cerebrales,	233, 251
Lógica,	32, 51, 80, 81, 145, 179, 184, 185, 186, 190, 192, 193, 194, 195, 196, 198, 199, 200, 202, 203, 208, 210,

	215, 224, 230, 249, 267, 280, 282, 288, 299
Logro,	83, 176, 182, 235, 236, 237, 241, 244, 249, 250, 255, 291, 292,
Lucidez, lúcida,	265, 266, 267, 269, 270, 271, 272
Maduración,	39, 48, 49, 50, 51, 70, 72, 76, 98, 103, 281, 283, 302
Marcadores,	178
Matrices,	293, 297
Médula espinal,	28, 34, 70, 71
Memorias,	26, 28, 35, 38, 39, 41, 42, 43, 44, 48, 50, 55, 56, 57, 58, 69, 70, 77, 92, 98, 99, 101, 102, 103, 111, 121, 131, 132, 133, 136, 137, 138, 140, 141, 142, 144, 145, 147, 148, 149, 150, 151, 152, 153, 154, 155, 156, 157, 158, 159, 160, 161, 162, 170, 171, 173, 178, 179, 180, 198, 199, 200, 215, 216, 223, 227, 228, 229, 232, 233, 240, 242, 243, 244, 245, 246, 252, 258, 261, 262, 267, 268, 270, 272, 277, 280, 282, 283, 284, 285, 288, 289, 290, 291, 292, 293, 295, 300, 301, 302, 303, 304, 305, 306
Memorias (tipos de),	144, 146, 154
Mentalese,	231, 232
Mente, mental,	24, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 58, 59, 61, 71, 81, 85, 92, 93, 96, 99, 102, 107, 108, 112, 114, 115, 116, 117, 122, 127, 128, 132, 133, 134, 140, 141, 142, 145, 154, 157, 172, 178, 185, 186, 187, 188, 189, 192, 193, 194, 195, 212, 216, 228, 231, 235, 239, 248, 258, 261, 262, 264, 265, 267, 268, 269, 270, 273, 274, 277, 282, 288, 291, 293, 300, 301, 303
Metabólicos,	33, 108,
Metas,	25, 38, 42, 65, 73, 74, 76, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 91, 93, 96, 99, 100, 101, 102, 116, 120, 128, 131, 132, 134, 158, 167, 168, 170, 174, 175, 176, 177, 178, 179, 180, 182, 183,

	184, 187, 200, 215, 216, 217, 230, 235, 236, 240, 241, 243, 245, 246, 247, 248, 249, 250, 251, 252, 253, 254, 255, 257, 258, 265, 269, 271, 272, 273, 274, 277, 278, 279, 284, 288, 289, 290, 291, 292, 296, 297, 301, 305, 307
Metarrepresentacionales,	258
Mielinización,	50, 51
Modelos,	43, 44, 45, 46, 64, 75, 79, 81, 82, 89, 90, 91, 92, 93, 94, 96, 97, 98, 99, 100, 101, 164, 206, 230, 237, 238, 249, 251, 265, 268, 272, 273, 278, 289, 305
Módulos cerebrales,	131, 132, 169, 171, 172, 210, 253
Moral,	32, 80, 93, 102, 106, 112, 113, 117, 127, 139, 173, 174, 210, 254, 269, 298, 305, 306
Morfemas,	223, 230
Morfogénesis,	165
Motivaciones,	73, 76, 92, 175, 176, 177, 236, 243, 250, 255, 291, 294, 298, 304
Motoras, motricidad,	57, 174, 222, 233, 246, 261, 267, 283, 305
Mundo,	41, 44, 45, 47, 64, 71, 73, 75, 77, 78, 79, 80, 89, 90, 91, 92, 94, 97, 98, 99, 134, 138, 155, 158, 161, 174, 205, 206, 229, 230, 232, 237, 238, 239, 257, 265, 269, 278, 283, 304, 305, 307, 308
Mutación, mutable,	66, 264
Neolítico,	305, 308
Neotenia,	270, 271, 295,
Neuroanatomía,	169, 172, 253
Neurobiológico,	28, 43, 45, 46, 47, 48, 49, 50, 60, 69, 70, 71, 72, 78, 80, 81, 89, 91, 94, 95, 96, 100, 102, 103, 105, 109, 113, 116, 123, 126, 127, 131, 134, 136, 137, 138, 148, 151, 156, 165, 167, 169, 170, 171, 177, 181, 187, 191, 199, 200, 201, 208, 210, 217, 220, 222, 223, 233, 235, 239, 241, 245, 246, 247, 250, 254, 255, 257, 258, 261, 262, 264, 265, 267, 277,

	280, 281, 288, 289, 291, 295, 297, 298, 299, 300, 301, 306, 307
Neropéptidos,	35
Neuroplasticidad,	226
Neuropsicología,	277
Neurotransmisores,	35,45
Nicho ecológico,	63
Nivel,	33, 42, 46, 51, 55, 98, 100, 131, 134, 138, 139, 140, 151, 152, 159, 172, 189, 211, 232, 337, 245, 246, 248, 255, 256, 258, 261, 287, 290, 300
Neuromoduladores,	35, 110, 167, 169
Neuronas, neuronal, neural,	26, 29, 33, 34, 35, 37, 38, 39, 43, 45, 46, 49, 51, 69, 70, 71, 72, 131, 167, 169, 171, 198, 200, 264, 280
No go,	247, 254
Noradrenalina,	35
Normas,	33, 38, 56, 58, 71, 80, 111, 112, 113, 121, 126, 127, 132, 137, 173, 176, 184, 187, 188, 190, 191, 192, 193, 196, 202, 225, 238, 239, 254, 269, 286, 287, 293, 295, 296, 298, 302, 305, 306,
Núcleos, nucleares	28, 29, 35, 40, 161, 162, 169, 171, 190, 238, 253, 281, 287, 302
Objetivo, objeto,	73, 74, 180, 182, 183, 198, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 217, 225, 229, 234, 243, 244, 245, 248, 252, 253, 254, 255, 258, 264, 265, 278, 291, 303, 307
Operacionales, operativo,	26, 49, 64, 70, 131, 140, 162, 186, 191, 201, 210, 215, 237, 248, 251, 252, 266, 267, 268, 272, 288, 299, 302, 304
Ordenamiento,	56, 57, 107, 142, 153, 201, 225, 238, 258, 266, 284, 285, 286, 293, 307
Organización,	107, 118, 131, 152, 155, 187, 223, 240, 266, 269, 271, 278, 286
Palabras,	56, 223, 224, 225, 233, 245, 256
Paleolíticos,	305, 306
Paradigmas,	293, 294

Patrones,	52, 75, 81, 82, 91, 92, 135, 251, 264, 268, 272, 303
Pautas,	111, 112, 143, 278
Pensamiento,	46, 47, 72, 77, 88, 116, 142, 177, 184, 186, 187, 189, 190, 191, 192, 193, 194, 195, 197, 198, 200, 203, 207, 208, 229, 231, 232, 233, 234, 237, 244, 246, 248, 258, 264, 265, 267, 269, 296, 297
Percepción, perceptivas,	28, 38, 41, 42, 43, 44, 55, 70, 89, 90, 92, 97, 98, 100, 102, 103, 116, 123, 133, 134, 135, 136, 137, 138, 139, 140, 151, 158, 159, 171, 172, 173, 178, 198, 215, 216, 229, 232, 237, 243, 246, 249, 261, 262, 264, 266, 267, 268, 281, 285, 290, 292, 148
Performance,	148
Períodos críticos,	51, 58, 89, 103, 226, 281, 282, 285
Persona, personal,	155, 194, 210, 223, 238, 257
Personalidad,	97
Placer,	35, 169, 252, 253, 282
Planes, planeación ,	155, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 249, 252, 253, 255, 256, 258, 268, 269, 288, 289
Plasticidad cerebral,	14, 39, 49, 58, 70, 72, 89, 152, 226, 270, 271, 279, 280, 281, 282
Poligenia,	64
Positivismo,	208
Potencia directiva,	217
Precableado innato,	54, 55, 71, 112, 121, 177, 188, 191, 223, 227, 253, 255, 282, 286
Predecir, predictiva,	47, 63, 64, 68, 71, 72, 73, 74, 77, 78, 79, 80, 83, 84, 93, 99, 122, 142, 147, 164, 167, 173, 174, 181, 188, 191, 201, 205, 210, 217, 234, 235, 240, 245, 247, 252, 268, 269, 272, 279, 280, 281, 291
Preferencias,	116, 153, 179, 205, 229, 261
Premio ,	114, 295, 296, 297, 298, 305
Prestigio,	119, 120, 121, 122, 126, 127, 168, 236, 237, 255, 298, 304
Prever,	71
Principios (ver normas)	
Primates,	30, 33

Probabilístico, probabilidad,	196, 224, 228, 234, 247, 252
Problemas,	44, 73, 80, 81, 82, 83, 91, 93, 102, 109, 132, 198, 211, 235, 236, 242, 243, 248, 272, 273, 278, 279, 283, 288, 290, 291, 292, 296
Procedimientos,	153, 196, 240
Procesamientos, procesos,	28, 29, 30, 33, 37, 38, 39, 40, 42, 43, 44, 45, 46, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 80, 81, 82, 85, 92, 98, 99, 100, 102, 106, 107, 109, 131, 132, 133, 134, 137, 138, 140, 141, 144, 146, 148, 149, 150, 152, 153, 159, 160, 161, 167, 169, 170, 172, 182, 186, 187, 190, 193, 195, 196, 198, 199, 200, 210, 211, 216, 222, 223, 228, 230, 231, 233, 235, 236, 240, 241, 243, 244, 245, 246, 247, 253, 261, 262, 263, 266, 267, 268, 272, 277, 280, 282, 284, 285, 286, 287, 292, 294, 299, 300, 301, 302, 304, 306
Procesos ejecutivos,	48, 99, 140, 157, 158, 170, 177, 198, 235, 240, 241, 242, 243, 244, 246, 247, 248, 249, 258, 269, 271, 277, 285, 287, 292, 293, 295, 300, 301
Programación,	38, 51, 71, 158, 183, 241, 244, 248, 255, 269, 286, 289
Proposiciones,	181, 194, 230
Propósitos,	25, 116, 183, 217, 246, 247, 278, 279, 284, 300
Propositividad abstracta de largo plazo,	32, 65, 78, 79, 84, 96, 216, 217, 230, 231, 250, 253, 254, 255, 256, 257, 258, 269, 289
Prosodia,	172, 231, 301
Prueba y error,	296, 297
Pulsiones,	163, 168, 236, 253, 254, 267
Razonar, racionalidad,	2, 48, 72, 91, 99, 102, 103, 112, 113, 133, 157, 163, 166, 172, 173, 174, 175, 176, 179, 180, 181, 182, 183, 184, 185, 186, 187, 189, 190, 192, 193, 194, 197, 198, 199, 200,

	202, 205, 207, 210, 215, 216, 240, 243, 246, 248, 255, 262, 267, 269, 285, 290, 301, 304
Reacción,	164, 174, 258
Realidad,	73, 75, 77, 80, 81, 90, 91, 92, 93, 94, 99, 100, 102, 118, 138, 140, 142, 154, 181, 182, 184, 185, 186, 194, 195, 198, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 212, 232, 237, 246, 252, 255, 261, 264, 265, 278, 279, 282, 283, 284, 285, 290, 292, 293, 297, 307
Receptor,	35, 40, 42, 100, 211, 219, 283
Reciprocidad,	126
Recompensa,	252, 253
Reconocimiento,	43, 81, 91, 148, 159, 168, 236, 237, 265, 268, 272, 282, 304
Reconstruictiva,	141
Recuerdo,	141, 145, 146, 147, 148, 155, 158, 159, 161, 162, 174, 199, 229, 244, 245, 246, 262, 264
Recuperación,	140, 141, 144, 157, 158
Rekursividad,	42, 99, 173, 216, 228, 229, 231, 232, 233, 256
Redes neuronales,	26, 33, 35, 37, 38, 39, 41, 44, 45, 46, 47, 49, 51, 52, 53, 55, 58, 69, 70, 72, 131, 132, 144, 146, 152, 159, 160, 162, 167, 170, 172, 198, 200, 223, 224, 233, 234, 245, 252, 253, 280, 281, 285, 293,
Referentes,	126, 212, 228, 238
Reflexión,	92, 177, 182, 230, 231, 233, 234, 244, 256, 264, 267, 268
Regiones cerebrales, áreas o zonas,	26, 28, 35, 38, 39, 41, 42, 44, 46, 56, 57, 110, 131, 143, 159, 160, 161, 162, 167, 169, 171, 172, 176, 178, 179, 190, 200, 215, 217, 222, 224, 227, 230, 233, 234, 239, 243, 246, 247, 252, 254, 280, 281, 288, 289, 295, 303, 305
Regulaciones, regularidades,	57, 64, 73, 96, 97, 203, 205, 207, 230, 235, 238, 261, 289
Relojes, biológicos	262
Representaciones,	42, 89, 90, 91, 92, 93, 98, 99, 100,

	101, 102, 139, 140, 141, 142, 145, 152, 154, 164, 186, 189, 205, 206, 208, 210, 211, 217, 223, 261, 262, 268, 269, 300
Retroactivamente,	216
Retroalimentación,	44, 45, 70, 74, 99, 111, 131, 170, 245
Riesgos,	72, 108, 133, 174, 219, 296
Ritmos,	29, 59, 103, 302
Rutinas, rutinizar,	81, 82, 92, 108, 155, 253, 258
Saberes,	62, 65, 68, 101, 105, 125, 155, 157, 164, 171, 175, 176, 179, 180, 181, 190, 197, 201, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 220, 229, 230, 232, 234, 235, 239, 240, 244, 246, 252, 261, 262, 268, 272, 273, 285, 290, 291, 292, 294, 301
Satisfacción,	73, 167, 169, 244, 249, 252, 253, 254, 255, 256, 283, 296
Secuencialidad,	38, 40, 49, 53, 66, 144, 159, 183, 201, 210, 245, 302
Selección,	59, 96, 100, 102, 121, 122, 133, 150, 151, 178, 180, 216, 243, 284, 290, 291, 293, 303, 304, 306
Semántico,	58, 147, 156, 171, 221, 224, 225, 227, 230, 231, 233, 234, 256, 285, 301
Sensaciones,	165, 169, 178
Sensorial,	40, 90, 94, 100, 135, 159, 190, 191, 262, 266, 302
Sentimientos,	92, 93, 95, 96, 109, 133, 134, 144, 163, 164, 165, 166, 167, 169, 170, 171, 172, 173, 178, 205, 229, 231
Sentir, sentido,	165, 174, 176, 180, 185, 207, 208, 209, 210, 212, 220, 229, 231, 285, 287
Señales,	43, 57, 116
Serotonina,	35
Significación,	38, 43, 56, 102, 114, 151, 152, 157, 160, 172, 207, 210, 220, 221, 223, 233, 235, 245, 248, 266, 284, 291, 294, 296, 297
Silogismo,	194, 195, 197
Símbolos, simbolización,	92, 101, 114, 171, 193, 194, 200,

	201, 208, 209, 210, 220, 221, 222, 223, 229, 232, 233, 234, 269, 290
Simulación,	212, 246, 248, 269, 274, 292, 297
Sinapsis,	26, 33, 35, 36, 39, 43, 45, 46, 49, 51, 54, 69, 70, 72, 131, 146, 152, 159, 280
Sinergia,	205, 235, 247, 253, 254, 298
Sintaxis,	56, 221, 224, 227, 230, 231, 233, 245
Sistemas,	25, 26, 27, 28, 30, 38, 45, 47, 48, 56, 57, 58, 70, 71, 72, 100, 115, 121, 122, 127, 138, 158, 160, 166, 167, 169, 171, 172, 189, 222, 223, 233, 242, 246, 252, 253, 261, 262, 267, 282, 285, 288, 292, 300, 302, 303, 305, 306
Sobrevivencia,	26, 47, 59, 62, 63, 64, 65, 69, 71, 74, 80, 90, 93, 94, 101, 108, 109, 114, 115, 122, 126, 133, 174, 175, 202, 219, 254, 278, 299
Sociabilidad, social,	66, 106, 107, 108, 109, 111, 112, 114, 117, 118, 121, 123, 124, 125, 138, 167, 178, 189, 230, 240, 242, 243, 250, 257, 269, 271, 282, 283, 297, 298, 302, 303, 304, 305, 308
Sociedad,	66, 308
Subjetividad,	193, 220, 262, 263, 268, 269
Sujeto,	185, 225, 261, 263, 265, 266, 272
Sustrato,	96, 107, 248
Tálamo,	29, 40, 190
Tallo cerebral,	35
Temporalidad,	83, 84, 224, 230, 232, 234, 235, 247, 249, 252, 256
Tendencias,	47, 69, 103, 109, 111, 112, 113, 115, 118, 119, 123, 137, 150, 153, 165, 189, 195, 236, 237, 279, 295, 307
Testosterona,	35
Teoría,	50, 61, 62, 71, 74, 105, 115, 116, 117, 127, 172, 178, 179, 188, 195, 229, 251, 273, 282, 291, 294, 303, 308
Toma de decisiones,	56, 140, 158, 200, 250, 251, 252, 253, 255, 256, 262, 266, 301

Top down (ver arriba - abajo),	
Trascender, trascendental,	32, 236
Tronco cerebral,	28, 40, 169, 262, 281
Uso,	49, 158
Utilidad,	90, 94, 194
Universales, universo,	105, 196, 202, 208, 238
Valor,	28, 38, 41, 46, 53, 81, 82, 90, 94, 99, 101, 102, 139, 150, 151, 152, 155, 157, 160, 164, 172, 178, 180, 198, 201, 205, 206, 207, 208, 209, 210, 211, 228, 229, 240, 248, 266, 282, 284, 285, 288, 291, 295, 296, 298, 304, 305, 307
Variación,	46, 52, 62, 66, 77, 78, 114, 117, 144, 225, 237, 238, 278, 280, 281
Vegetativo,	28, 29, 30, 50
Verdad, verdadero,	90, 93, 185, 194, 196, 197, 198, 237, 280, 307
Vías neuronales de conexión,	26, 33, 40, 41, 42, 49, 50, 51, 69, 134, 146, 171, 178, 205, 233, 246, 252, 280
Vida en sociedad,	93, 103, 105, 107, 108, 117, 122, 125, 127, 137, 158, 163, 257, 302, 304
Vida mental,	52, 53, 93, 133, 261, 262, 268, 301
Vigilante, vigil,	262, 263, 265, 269, 270
Virtudes,	236
Vísceras,	178, 264
Voluntad,	40, 134, 266
Yo,	237, 266, 267

BIBLIOGRAFÍA TEMÁTICA

TEXTOS CON TEMAS CORRESPONDIENTES A DIVERSOS CAPÍTULOS

- Changeux, Jean Pierre. *El hombre de verdad*. Fondo de Cultura Económica, México, 2005.
- Labos, E.; Slachewsky A.; Fuentes, P.; Manes, F. *Tratado de Neuropsicología clínica*. Librería Akadia, Editorial Buenos Aires, 2008.
- Le Doux, Joseph. *Synaptic Self*. Penguin Books, Londres, 2003.
- Rains, G. Dennis. *Principios de Neuropsicología humana*. MacGraw-Hill, México, 2004.
- Smith, Edward E.; Kosslyn, Stephen M. *Procesos cognitivos: Modelos y bases neurales*. Pearson Education S.A., Madrid, 2008.

TEXTOS CON TEMAS ESPECIALIZADOS POR CAPÍTULO

Introducción

a) *Sistemas complejos adaptativos*

- Cramer, E. *Chaos and Order. The Complex Structure of Living Systems*. V.C.H. Publishers, Nueva York, 1994.
- Prigogine, Ibsa. *El fin de las certidumbres*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1990.

b) *Evolución y cultura*

- Mora, Francisco. *Neurocultura*. Alianza Editorial, Madrid, 1993.
- Perinet, Adolfo. *Comunicación animal, comunicación humana*. Siglo XXI, Madrid, 1993.

c) *Neurofilosofía*

- Martínez Freire, Pascual F. *La nueva filosofía de la mente*. Editorial Gedisa, Barcelona, 1995.
- Searle, John. *La mente: una breve introducción*. Editorial Norma, Bogotá, 2006.

Capítulo I. El cerebro que aprende

a) *Arquitectura cerebral*

- Carter, Rita. *Mapping the Mindt*. University of California Press, Berkeley, 1998.
- Clark, D. L. y Boutinos. *The Brain and Behaviour*. Cambridge University Press, UReino Unido, 2010.
- Hurley, Robin A. y Taber Katharine, H. *Windows to the Brain*. American Psychiatric Publishing Inc., Washington D.C., 2008.
- Lluinas, Rodolfo R. *El cerebro y el mito del yo*. Editorial Norma, Bogotá, 2003.
- Ratey, John J. *A Perception, Attention, and the Four Theatres of the Brain*. Vintage Book, Nueva York, 2002.

b) *Plasticidad neuronal y cerebral*

- Ansermet, François y Magistrette, Pierre. *A cada cual su cerebro*. Katz Editores, Buenos Aires, 2006.
- Doidge, Norman. *El cerebro se cambia a sí mismo*. Aguilar, Madrid, 2009.
- Ramachandran, Vilayanus. *The Emerging Mind*. Profile Book Ltd., Londres, 2003.
- Restak, Richard. *Nuestro nuevo cerebro*. Editorial Urano, Barcelona, 2005.
- Schwartz, Jeffrey y Begley, Sharon. *The Mind and the Brain: Neuroplasticity and the Power of Mental Force*. Harper Collins Publishers Inc., Nueva York, 2003.

c) *Genética y desarrollo*

- Delval, Juan. *El desarrollo humano*. Editorial Siglo XXI, Madrid, 2002.
- Linden, David J. *The Accidental Mind*. The Belknap Press of Harvard University Press, 2008.
- Marcus, Gary. *El nacimiento de la mente*. Editorial Ariel, Barcelona, 2005.
- Pinker, Steven. *The Blank Slate*. Penguin Books, Londres, 2002.
- Ridley, Matt. *¿Qué nos hace humanos?* Editorial Taurus, Madrid, 2005.

Capítulo 2. Fines y medios del aprendizaje

a) *Evolución y etología*

- Cela Conde, Camilo José y Ayala, J. Francisco. *Senderos de la evolución humana*. Alianza Editorial, Madrid, 2001.

- Darwin, Charles. *El origen de las especies*. Editorial Bruguera S.A., Barcelona, 1979.
- Diamond, Jared. *The Third Chimpanzee*. Harper Collins Publishers, Nueva York, 1992.
- Gould, Stephen J. *La estructura de la Teoría de la Evolución*. Editorial Tusquets S.A., Barcelona, 2010.
- Lorenz, Konrad. *El comportamiento animal y humano*. Plaza y Janés, Barcelona, 1974.

b) Predecir

- Bartra, Roger. *Antropología del cerebro*. Fondo de Cultura Económica, México, 2007.
- Frith, Chris. *Making up the Mind*. Blackwell Publishing, Gran Bretaña, 2007.
- Gazzaniga, Michael S. *El pasado de la mente*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1998.
- Mora, Francisco. *¿Cómo funciona el cerebro?* Alianza Editorial, Madrid, 2002.
- Zeki, Semir. *Splendours and Miseries of Brain*. Wiley-Blackwell, Reino Unido, 2009.

Capítulo 3. Representar y conocer

La construcción del mundo

- Berger, Peter L. y Luckmann, Thomas. *La construcción social de la realidad*. Amorrortu Ed., Buenos Aires, 2006.
- Collier, Gary. *Social Origins of Mental Ability*. John Wiley and Sons Inc., Nueva York, 1994.
- Harris, Marwin. *Nuestra especie*. Alianza Editorial, Madrid, 2004.
- Pinker, Steven. *How the Mind Works?* Penguin Books, Londres, 1998.
- Ridley, Matt. *The Origins of Virtue*. Penguin Books, Londres, 1997.

Capítulo 4. Neurobiología de la vida en sociedad

- Aronson, Elliot. *The Social Animal*. W.H. Freeman and Co., EE.UU., 1988.
- De Waal, Frans. *Primates and Philosophers*. Princeton University Press, Nueva Jersey, 2006.
- Goleman, Daniel. *Inteligencia social*. Editorial Planeta, México, 2006.

- Hauser, Marc. *Moral Minds*. Abacus: Little Brown Book Groups, Gran Bretaña, 2007.
- Snow, C.P. *The Two Cultures*. Cambridge University Press, Reino Unido, 1998.
- Wright, Robert. *The Moral Animal*. Book, Random House, Nueva York, 1994.
- Zeki, Semir y Goodenought, Olivero. *Law and the Brain*. Oxford University Press, Nueva York, 2006.

Capítulo 5. Los procesos neurobiológicos del aprendizaje y la memoria

Memoria

- Buzsáki, Gyorgy. *Rhythms of the Brain*. Oxford University Press, Nueva York, 2006.
- Carter, Rita. *Mapping the Memory*. Ulyses Ed., Berkeley, 2006.
- Goldberg, Elkhonon. *La paradoja de la sabiduría*. Crítica Editorial, Barcelona, 2006.
- Kandel, Eric R. *In Search of Memory*. W.W. Norton and Company, Nueva York, 2007.
- Varela, Francisco J.; Thompson, Evans y Rosh, Eleanor. De cuerpo presente. *Las ciencias cognitivas y la experiencia humana*. Gedisa Editorial, Barcelona, 2005.

Capítulo 6. La otra forma de saber

Emociones y sentimientos

- Damasio, Antonio R. *El error de Descartes*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 1996.
- Darwin, Charles. *The Expression of the Emotions in Man and Animal*. Harper Perennial, Londres, 2004.
- Goleman, Daniel. *Inteligencia emocional*. Editorial Javier Vergara, Buenos Aires, 1996.
- Le Doux, Joseph. *The Emotional Brain*. Simon and Schuster, Nueva York, 1996.
- Walton, Stuart. *Humanity an Emotional History*. Atlantic Book, Londres, 2004.

Capítulo 7. El saber objetivo: razonar y juzgar

Racionalidad y matemática

- Araya, Roberto. *Inteligencia matemática*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2004.
- Livio, Mario. *Is God a Mathematician?* Simon and Schuster, Nueva York, 2009.
- Otero, Edison. *Diccionario de Epistemología*. Corporación de Promoción Universitaria, Santiago de Chile, 2001.
- Pinker, Steve. *The Stuff of Thought*. Penguin Books, Londres, 2007.
- Rivano, Juan. *Lógica elemental*. Editorial Universitaria, Santiago de Chile, 2004.

Capítulo 8. Los dos saberes

(Consultar bibliografía capítulos 5, 6, 7 y General)

Capítulo 9. La tríada del *Homo sapiens*

(Consultar bibliografía capítulos 10, 11, 12 y General)

Capítulo 10. La comunicación y el lenguaje

Lenguaje

- Bickerton, Derek. *Lenguaje y especies*. Alianza Editorial, Madrid, 1994.
- Chomsky, Noam y Piaget, Jean. *Teorías del lenguaje, Teorías del aprendizaje: Debate*. Crítica Grijalbo, Barcelona, 1993.
- Durling, Robbins. *The Talking Ape*. Oxford University Press. Londres, 2005.
- Pinker, Steven. *The Language Instinct*. Penguin Books, Londres, 1994.
- Vygostsky, Lev S. *Pensamiento y lenguaje*. Editorial La Pléyade, Buenos Aires, 1980.

Capítulo 11. La regulación superior del comportamiento y los procesos ejecutivos

Procesos ejecutivos y resolución de problemas

- Fuster, Joaquín M. *The Prefrontal Cortex*. 4ª edición. Elsevier, Londres, 2008.
- Goldberg, Elkhonon. *The Executive Brain*. Oxford University Press, Nueva York, 2001.
- Harford, Tim. *La lógica oculta de la vida*. Editorial Planeta, Buenos Aires, 2008.
- Popper, Karl. *All Life is Problem Solving*. Routledge, Londres, 2003.
- Puente Ferreras, Aníbal. *El cerebro creador*. Alianza Editorial, Madrid, 1999.

Capítulo 12. Conciencia superior

Conciencia

- Damasio, Antonio R. *Sentir lo que sucede*. Editorial Andrés Bello, Santiago de Chile, 2000.
- Edelman, Gerald M. y Tononi, Giulio. *El universo de la conciencia*. Editorial Crítica, Barcelona, 2002.
- Koch, Christof. *The Quest for Consciousness*. Robert and Co. Publishers, Colorado, 2004.
- Popper, Karl R. y Eccles, J.C. *El yo y su cerebro*. Editions Roche, Basilea, 1980.
- Ramachandran, U.S. y Blakeslee, Sandra. *Fantasmas en el cerebro*. Editorial Debate, Madrid, 1999.

Capítulo 13. Las modalidades biológicas del aprendizaje y la educación

Sociedad y desarrollo cognitivo

- Campbell, Jeremy. *La máquina increíble*. Fondo de Cultura Económica, Santiago de Chile, 1997.
- Flynn, Jarines R. *What is Intelligence?* Cambridge University Press, Nueva York, 2007.
- Gardner, Howard. *Estructura de la mente*. Fondo de Cultura Económica, México, 2007.

- Piaget, Jean. *Psicología de la inteligencia*. Editorial Psyque, Buenos Aires, 1973.
- Piaget, Jean y Betts, E.W. *Relaciones entre la lógica formal y el pensamiento real*. Editorial Ciencia Nueva, Madrid, 1968.

Capítulo 14. El cerebro, la cultura y la educación

Cultura y educación

- Bateson, Patrick (ed). *The Development and Integration of Behaviour*. Cambridge University Press, Reino Unido, 1991.
- De Waal, Frans. *El simio y el aprendiz de Sushi. Reflexiones de un primatólogo sobre la cultura*. Editorial Paidós Ibérica, Barcelona, 2002.
- Reiss, David. *The Family Construction of Reality*. Harvard University Press. Cambridge, MA, 1981.
- Wexler, Bruce E. *Brain and Culture*. Bradford Book, The MIT Press, Cambridge, MA, 2006.
- White, Leslie Q. *The Evolution of Culture*. McGraw-Hill Company Inc., Nueva York, 1959.

NOTA FINAL

Le recordamos que este libro ha sido prestado gratuitamente para uso exclusivamente educacional bajo condición de ser destruido una vez leído. Si es así, destrúyalo en forma inmediata.



Para otras publicaciones visite
www.lecturasinegoismo.com
Referencia:271

Taurus es un sello editorial del Grupo Santillana

www.editorialtaurus.com

Argentina

Av. Leandro N. Alem, 720
C 1001 AAP Buenos Aires
Tel. (54 11) 41 19 50 00
Fax (54 11) 41 19 50 21

Bolivia

Calacoto, calle 13 N° 8078
La Paz
Tel. (591 2) 279 22 78
Fax (591 2) 277 10 56

Brasil

Editora Objetiva
Rua Cosme Velho 103 - Rio de Janeiro
Tel. (5521) 21997824
Fax (5521) 21997825

Chile

Dr. Aníbal Ariztía, 1444
Providencia - Santiago de Chile
Tel. (56 2) 384 30 00
Fax (56 2) 384 30 60

Colombia

Carrera 11A N° 98-50 Of. 501
Bogotá
(57) (1) 7057777

Costa Rica

La Uruca
Del Edificio de Aviación Civil 200 metros Oeste
San José de Costa Rica
Tel. (506) 22 20 42 42 y 25 20 05 05
Fax (506) 22 20 13 20

Ecuador

Avda. Eloy Alfaro, N 33-347 y Avda. 6 de Diciembre
Quito
Tel. (593 2) 244 66 56
Fax (593 2) 244 87 91

El Salvador

Siemens, 51
Zona Industrial Santa Elena
Antiguo Cuscatlán - La Libertad
Tel. (503) 2 505 89 y 2 289 89 20
Fax (503) 2 278 60 66

España

Avda. de los Artesanos, 6
28760 Tres Cantos (Madrid)
Tel. (34 91) 744 90 60
Fax (34 91) 744 92 24

Estados Unidos

2023 N.W. 84th Avenue
Miami, FL 33122
Tel. (1 305) 591 95 22 y 591 22 32
Fax (1 305) 591 91 45

Guatemala

www.alfaguara.com/can
7ª Avda. 11-11
Zona N° 9
Guatemala CA
Tel. (502) 24 29 43 00
Fax (502) 24 29 43 03

Honduras

Colonia Tepeyac Contigua a Banco Cuscatlán
Frente Iglesia Adventista del Séptimo Día
Casa 1626
Boulevard Juan Pablo Segundo
Tegucigalpa, M. D. C.
Tel. (504) 239 98 84

México

Avda. Mixcoac 274, Colonia Acacias
Delegación Benito Juárez
03240 México D.F.
Tel. (52 5) 554 20 75 30
Fax (52 5) 556 01 10 67

Panamá

Vía Transísmica, Urb. Industrial Orillac
Calle segunda, local 9
Ciudad de Panamá
Tel. (507) 261 29 95

Paraguay

Avda. Venezuela, 276
entre Mariscal López y España
Asunción
Tel./fax (595 21) 213 294 y 214 983

Perú

Avda. Primavera 2160
Santiago de Surco
Lima 33
Tel. (51 1) 313 40 00
Fax (51 1) 313 40 01

Portugal

Editora Objectiva
Estrada da Outurela, 118
2794-084 Carnaxide
Tel. (+351) 214246903/4
Fax (+351) 214246907

Puerto Rico

Avda. Roosevelt, 1506
Guaynabo 00968
Tel. (1 787) 781 98 00
Fax (1 787) 783 12 62

República Dominicana

Juan Sánchez Ramírez, 9
Gazcue
Santo Domingo R.D.
Tel. (1809) 682 13 82
Fax (1809) 689 10 22

Uruguay

Juan Manuel Blanes 1132
11200 Montevideo
Tel. (598 2) 410 73 42
Fax (598 2) 410 86 83

Venezuela

Avda. Rómulo Gallegos
Edificio Zulia, 1°
Boleíta Norte
Caracas
Tel. (58 212) 235 30 33
Fax (58 212) 239 10 51

Este libro se terminó de imprimir
en el mes de octubre de 2012,
en los talleres de CyC Impresores Ltda.,
ubicados en San Francisco 1434,
Santiago de Chile.



Jaime Lavados Montes

Rector de la Universidad de Chile entre 1990 y 1998. En la misma institución ha sido profesor titular de Neurología de la Facultad de Medicina y Director del Departamento de Ciencias Neurológicas. Fundador y Director de la Unidad de Neuropsicología del Servicio de Neurología del Hospital del Salvador (1976-1988). Presidente de la Corporación de Promoción Universitaria. Embajador de Chile ante la Unesco (1998 - 2002) y Director del Instituto de Neurocirugía e investigaciones cerebrales (2002 - 2010). Presidente de la Sociedad Chilena de Neurología, Psiquiatría y Neurocirugía (1989 - 1991).

EL CEREBRO Y LA EDUCACIÓN

NEUROBIOLOGÍA DEL APRENDIZAJE

En los últimos años se ha reconocido ampliamente que la educación de calidad es el factor más decisivo para lograr una sociedad equitativa y con mayor capacidad de innovación y desarrollo. Esto, unido al impresionante avance de la Neurobiología y otras disciplinas científicas conexas, son fenómenos cuya interacción sinérgica tiene enorme potencial.

De ahí que el propósito de *El cerebro y la educación. Neurobiología del aprendizaje* sea explorar de qué manera los conocimientos neurobiológicos modernos, relacionados con los dispositivos cerebrales de aprendizaje proporcionan, o pueden proporcionar, orientaciones más eficaces a los sistemas educativos y a las estrategias pedagógicas.

Sin embargo, aunque la explosión de conocimientos neurocientíficos ha sido enorme, no es aún capaz de explicar cabalmente todos los procesos mentales que hacen posible el conocimiento, el aprendizaje, la educación, y las conductas que estos procesos generan. Por eso en este libro, además de las neurociencias propiamente tales, consideramos los hallazgos y teorías de otras disciplinas que, desde distintos ángulos, estudian los comportamientos humanos dependientes de los aprendizajes.

taurus