

## **En busca de la memoria**

Del mismo autor

*Neurociencia y conducta* (en colaboración con James H. Schwartz  
y Thomas M. Jessell), Madrid, 1996  
*Principios de neurociencia*, Madrid, 2001

*Psychiatry, psychoanalysis, and the new biology of mind*, Arlington, Virginia, 2005  
*Principles of neural science* (en colaboración con James H. Schwartz  
y Thomas M. Jessell), Nueva York, 2000  
*Memory: From mind to molecules* (en colaboración con Larry Squire),  
Nueva York, 2000  
*Essentials of neural science and behavior* (en colaboración con James H. Schwartz  
y Thomas M. Jessell), Nueva York, 1996  
*Behavioral biology of Aplysia*, Nueva York, 1979

La bibliografía completa de los artículos científicos de Eric R. Kandel,  
con el correspondiente resumen de cada trabajo, está disponible en:  
<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/entrez/query.fcgi?cmd=Search&db=PubMed&term=Kandel+ER>

Eric R. Kandel

**En busca de la memoria**

El nacimiento de una nueva ciencia  
de la mente

Traducido por Elena Marengo

Primera edición, 2007  
Segunda reimpresión, 2011

© Katz Editores  
Charlone 216  
C1427BXF-Buenos Aires  
Calle del Barco 40, 3º D  
28004-Madrid  
**www.katzeditores.com**

Título de la edición original: *In search of memory.*  
*The emergence of a new science of mind*  
Copyright © 2006 by Eric R. Kandel  
All Rights Reserved

ISBN Argentina: 978-987-1283-40-8  
ISBN España: 978-84-935432-8-0

I. Inteligencia. 2. Memoria. I. Elena Marengo, trad.  
II. Título  
CDD 153

El contenido intelectual de esta obra se encuentra protegido por diversas leyes y tratados internacionales que prohíben la reproducción íntegra o extractada, realizada por cualquier procedimiento, que no cuente con la autorización expresa del editor.

Diseño de colección: tholön kunst

Impreso en España por Romanyà Valls S.A.  
08786 Capellades  
Depósito legal: B-1477-2011

# Índice

9	Agradecimientos
13	Prefacio
19	UNO
21	1. La memoria individual y la biología del almacenamiento de los recuerdos
31	2. Infancia en Viena
53	3. Formación en los Estados Unidos
73	DOS
75	4. Una célula por vez
97	5. Habla la célula nerviosa
115	6. Conversaciones entre células nerviosas
129	7. Sistemas neuronales simples y complejos
143	8. A distintos tipos de memoria, distintas regiones cerebrales
163	9. En busca de un sistema ideal para estudiar la memoria
179	10. Análogos neurales del aprendizaje
193	TRES
195	11. Reforzamiento de las conexiones sinápticas
213	12. Un centro para el estudio de la neurobiología y el comportamiento
221	13. El aprendizaje incluso puede modificar comportamientos simples

233	14. La experiencia modifica las sinapsis
245	15. Fundamentos biológicos de la individualidad
261	16. Papel de las moléculas en la memoria de corto plazo
281	17. Memoria de largo plazo
289	18. Los genes de la memoria
305	19. Diálogo entre los genes y las sinapsis
323	CUATRO
325	20. Retorno a la memoria compleja
333	21. En las sinapsis también residen nuestros recuerdos más caros
343	22. Imagen cerebral del mundo externo
357	23. ¡Es necesario prestar atención!
369	CINCO
371	24. Una pildorita roja
389	25. De ratones, de hombres y de enfermedades mentales
407	26. Una nueva manera de tratar las enfermedades mentales
419	27. La biología y el renacimiento del pensamiento psicoanalítico
433	28. La conciencia
449	SEIS
451	29. Redescubriendo Viena vía Estocolmo
475	30. Aprendizaje a partir de la memoria: perspectivas
491	Glosario
507	Notas y fuentes
539	Índice analítico

Para Denise



## Agradecimientos

A lo largo de toda mi carrera he tenido el privilegio de trabajar con muchos colaboradores, becarios y estudiantes talentosos y de aprender de ellos. He intentado reconocer sus aportes en los distintos capítulos de este libro. Más allá de los colaboradores individuales, mi trabajo científico se ha visto beneficiado por el ambiente de intercambio que existe en el Centro de Neurobiología y Comportamiento de la Facultad de Medicina y Cirugía de Columbia. Sería muy difícil hallar un ambiente más favorable para la maduración de un científico. En particular, me ha enriquecido enormemente la larga amistad con Richard Axel, Craig Bailey, Jane Dodd, Robert Hawkins, Michael Goldberg, Samuel Schacher, John Koester, Thomas Jessell, James H. Schwartz, Steven Siegelbaum y Gerald Fischbach, actual decano de la facultad. Debo agradecer también a John Koester su excelente actuación al frente del Centro de Neurobiología y Comportamiento.

He recibido apoyo para mis investigaciones por parte de Instituto Howard Hughes y del NIH. Tengo una deuda especial con el cuerpo directivo del Instituto Howard Hughes, integrado por Donald Frederickson, George Cahill, Purnell Chopin, Max Cowan, Donald Harter y, en épocas más recientes, por Tom Cech y Gerry Rubin. Su visión de futuro fomentó en los investigadores la disposición a los proyectos de investigación de largo plazo y el afán por abordar problemas arduos. Sin duda, la investigación sobre el aprendizaje y la memoria entra dentro de esta categoría.

Debo agradecer a la Fundación Sloan un subsidio que me permitió dedicar tiempo a este libro, y a mis agentes –John Brockman

y Katinka Matson— su ayuda para dar forma al proyecto y su orientación a lo largo del proceso de edición.

Son muchos los que han leído total o parcialmente versiones anteriores de este texto. El profesor Edward Timms, especialista en la historia moderna de Austria de la Universidad de Sussex, Inglaterra, y Dieter Kuhl, estudioso de la cultura vienesa, tuvieron la amabilidad de leer los capítulos 2 y 24 y hacerme comentarios sobre ellos. David Olds, psicoanalista de la academia y colega mío en Columbia, me hizo comentarios sobre los capítulos 3, 22 y 27. Varios otros colegas leyeron una versión o varias de todo el texto. Estoy especialmente agradecido a Tom Jessell, Jimmy Schwartz, Tom Carew, Jack Byrne, Yadin Dudai, Tamas Bartfei, Roger Nicoll, Sten Grillner, David Olds, Rod MacKinnon, Michael Bennett, Dominick Purpura, Dusan Bartsch, Robert Wurtz, Tony Movshon, Chris Miller, Anna Kris Wolfe, Marianne Goldberger, Christof Koch y Bertil Hille por sus perspicaces comentarios. También fue muy útil para mí la lectura que hicieron de un borrador anterior varias personas que no son científicos profesionales: Connie Casey, Amy Bednick, June Bingham Birge, Natalie Lehman Haupt, Robert Kornfeld, Sandy Shalleck y Sarah Mack me señalaron algunas dificultades que planteaban ciertos pasajes técnicos.

Jane Nevins, jefa de redacción de la Fundación DANA, y Sibyl Golden leyeron versiones posteriores del manuscrito y me ayudaron a redactar algunos fragmentos más técnicos de manera más comprensible para el lector común. Howard Beckman, amigo de muchos años que ha preparado varias versiones de *Principios de neurociencia*, tuvo la generosidad de leer y comentar todo el texto. El extraordinario escritor científico Geoffrey Montgomery trabajó conmigo sobre varios capítulos con el fin de hacerlos más entretenidos. Sobre todo, es enorme mi deuda con Blair Burns Potter, mi excelente correctora, que leyó casi todas las versiones del texto y de las figuras y en cada caso mejoró su claridad y coherencia. Antes de empezar a escribir el libro, había oído hablar de su capacidad pero apenas la conocía. A lo largo de nuestro extenso intercambio por correo electrónico, he llegado a apreciarla como excelente amiga.

Tuve la suerte de contar con la colaboración gráfica de Maya Pines, amiga de muchos años y correctora científica del Instituto Médico

Howard Hughes, y de Sarah Mack, colega de Columbia y jefa del equipo que preparó los gráficos de *Principios de neurociencia*. Debo agradecer a Sarah y a Charles Lam, quien también participó del diseño gráfico y dio vida a lo que en un principio eran ideas bastante vagas. Además, quiero agradecer a mis asistentes de Columbia: a Aviva Olsavsky por su ayuda con el glosario y el texto; a Shoshana Vasheetz por su colaboración con el procesador de texto; a Seta Izmirly, Millie Pellan, Arielle Rodman, Brian Skorney y Heidi Smith por la corrección de las pruebas de galeras y a Maria Palileo por la organización permanente de las numerosas versiones del manuscrito.

Angela von der Lippe, quien estuvo a cargo del libro en la editorial Norton, me ayudó a reflexionar sobre algunas secciones y a reorganizarlas, mejorándolas en muchos aspectos. También debo agradecer la colaboración de sus colegas en la editorial, en particular la de Vanessa Levine-Smith, Winfrida Mbewe y Trent Duffy, corrector de estilo. Todos ellos hicieron generosos aportes para que el libro adquiriera su forma actual y todos merecen mi mayor gratitud.



## Prefacio

La comprensión de la mente humana en términos biológicos se ha transformado en la tarea científica fundamental del siglo **xxi**. Queremos entender la biología de la percepción, el aprendizaje, la memoria, el pensamiento, la conciencia, y también los límites del libre albedrío. Hace apenas unas décadas era inconcebible que los biólogos estuvieran en condiciones de analizar estos procesos mentales. Hasta mediados del siglo **xx**, era imposible contemplar con seriedad la posibilidad de que la mente, el conjunto de procesos más complejo del universo, pudiera revelar sus secretos más recónditos en el análisis biológico y, menos aun, en el nivel molecular.

Los espectaculares progresos de la biología en los últimos cincuenta años nos permiten plantearnos hoy esos interrogantes. En 1953, James Watson y Francis Crick descubrieron la estructura del ADN y, con ello, revolucionaron la biología y aportaron un marco intelectual para entender cómo la información contenida en los genes controla el funcionamiento de la célula. Se comprendió entonces cómo están regulados los genes, cómo producen las proteínas que determinan el funcionamiento de las células y cómo el desarrollo habilita y bloquea genes y proteínas para establecer el plan general de un organismo. Una vez producidos estos avances extraordinarios, la biología pasó a ocupar un lugar de privilegio en la constelación de las ciencias, junto con la física y la química.

Con conocimientos flamantes y una nueva confianza, los biólogos volvieron su atención a la meta más alta: la comprensión biológica de la mente humana, empresa en pleno desarrollo hoy aunque alguna vez fue tildada de precientífica. En realidad, cuando los

historiadores contemplan la travesía intelectual de los últimos dos decenios del siglo xx, subrayan probablemente con sorpresa que las iluminaciones más valiosas sobre la mente no surgieron de las disciplinas que tradicionalmente se ocupaban de ella –la filosofía, la psicología o el psicoanálisis– sino de su combinación con la biología del cerebro, síntesis que cobró impulso en los últimos años con los espectaculares avances producidos en la biología molecular. Ha surgido así una nueva ciencia de la mente que recurre a la poderosa biología molecular para estudiar los misterios de la vida que aún se nos ocultan.

Cinco principios son el fundamento de esta ciencia mixta. En primer lugar, no cabe separar la mente del cerebro. El cerebro es un órgano biológico complejo que tiene una enorme capacidad de cómputo y construye nuestras experiencias sensibles, regula nuestros pensamientos y emociones y controla nuestras acciones. No sólo se encarga del comportamiento motor relativamente simple que desarrollamos para correr o comer, sino de complejos actos que reputamos como la quintaesencia de lo humano: pensar, hablar y crear obras de arte. Desde esta perspectiva, la mente es un conjunto de operaciones que lleva a cabo el cerebro, así como caminar es un conjunto de operaciones que llevan a cabo las piernas, con la salvedad de que se trata de algo radicalmente más complejo.

En segundo lugar, en cada función mental –desde el reflejo más simple hasta las actividades creativas como el lenguaje, la música y el arte– intervienen circuitos neurales especializados de distintas regiones cerebrales. Por esa razón, es preferible hablar de la “biología mental” para referirnos al conjunto de operaciones mentales que llevan a cabo esos circuitos neurales especializados, en lugar de hablar de la “biología de la mente”, expresión que sugiere que todas las operaciones mentales se desenvuelven en un lugar preciso y entrañan un emplazamiento cerebral único.

En tercer lugar, todos esos circuitos están constituidos por las mismas unidades elementales de señalización, las células nerviosas. En cuarto lugar, los circuitos neurales utilizan moléculas específicas para transmitir señales en el interior de las células nerviosas y también entre dos células distintas. Por último, esas moléculas específicas que constituyen el sistema de señales se han conservado a lo

largo de millones de años de evolución. Algunas de ellas ya estaban presentes en las células de nuestros antepasados más remotos y pueden hallarse hoy en nuestros parientes más lejanos y primitivos desde el punto de vista evolutivo: los organismos unicelulares como las bacterias y las levaduras, y los organismos multicelulares simples como los gusanos, las moscas y los caracoles. Para organizar sus andanzas en su medio ambiente, estas criaturas utilizan las mismas moléculas que empleamos nosotros para gobernar nuestra vida cotidiana y adaptarnos al nuestro.

Así, la nueva ciencia de la mente no sólo nos ilumina sobre nuestro propio funcionamiento —cómo percibimos, aprendemos, recordamos, sentimos y actuamos— sino que, además, nos sitúa en perspectiva en el contexto de la evolución biológica. Nos permite comprender que la mente humana evolucionó a partir de las moléculas que utilizaban nuestros antepasados más humildes y que los mecanismos moleculares que regulan los diversos procesos biológicos también se aplican a nuestra vida mental.

En razón de las implicaciones que tiene la biología mental para el bienestar individual y social, el consenso general de la comunidad científica indica que en el siglo XXI esa disciplina ocupará un lugar de preeminencia similar al que la biología del gen tuvo en el siglo XX.

Además de abordar temas fundamentales que preocuparon al pensamiento occidental desde que Sócrates y Platón especularon sobre los procesos mentales, hace más de dos mil años, la nueva ciencia de la mente hace aportes prácticos para comprender temas que afectan a nuestra vida cotidiana y enfrentarlos. La ciencia no es ya territorio exclusivo de los científicos: se ha convertido en una parte constitutiva de la vida y la cultura modernas. Casi a diario, los medios divulgan información técnica que el vulgo no puede comprender. La gente lee artículos sobre la pérdida de la memoria causada por el mal de Alzheimer y la que acarrea la edad avanzada e intenta entender, a menudo sin éxito, la diferencia entre las dos: una devastadora alteración progresiva y un proceso relativamente benigno. Se oye hablar de elementos que mejoran la cognición pero no se sabe a ciencia cierta qué se puede esperar de ellos. Se dice que los genes afectan al comportamiento y que su alteración causa enfermeda-

des mentales y perturbaciones neurológicas, pero no se explica cómo se producen esos fenómenos. Por último, la gente lee que las diferencias de aptitudes ligadas con el género influyen en la carrera de hombres y mujeres. ¿Implica esa afirmación que el cerebro del hombre y el de la mujer son diferentes? ¿Los hombres y las mujeres aprenden acaso de manera distinta?

En el curso de la vida, muchos de nosotros tendremos que tomar decisiones privadas y públicas que implican una comprensión biológica de la mente. Algunas de esas decisiones surgirán cuando intentemos comprender las variantes del comportamiento humano normal; otras tendrán que ver con perturbaciones mentales y neurológicas más graves. Comparto la opinión, corriente hoy en día en la comunidad científica, de que tenemos cierta responsabilidad en divulgar públicamente ese tipo de información.

Ya en los comienzos de mi carrera de investigador en neurología advertí que la gente que no tiene formación científica está tan ansiosa de aprender algo acerca de la nueva ciencia de la mente como nosotros, los especialistas, estamos impacientes por explicarla. Con ese espíritu, con uno de mis colegas de la Universidad de Columbia, James H. Schwartz, escribí un libro titulado *Principles of neural science*,\* introducción al tema para los primeros años de la universidad y la carrera de medicina que ya va por la quinta edición. A raíz de la publicación de ese libro, me invitaron a dar charlas sobre la ciencia del cerebro ante un público no especializado. Después de hacerlo, quedé convencido de que los legos están dispuestos a hacer el esfuerzo necesario para comprender estos temas si los hombres de ciencia están dispuestos a tomarse el trabajo de explicarlos. Por consiguiente, he escrito este libro en calidad de introducción destinada al público que no tiene formación científica. Pretendo explicar con palabras simples cómo esta nueva ciencia de la mente nació de teorías y observaciones previas y se transformó en una ciencia experimental.

Otro hecho que me impulsó a escribir el libro fue la recepción en el otoño boreal de 2000 del Premio Nobel de Fisiología o Medicina,

\* Hay traducción al español: *Principios de neurociencia*, Madrid, McGraw-Hill-Interamericana, 2001. [N. de la T.]

que se me otorgó por mis aportes al estudio del almacenamiento de la memoria en el cerebro. Se solicita de todos los laureados con el premio que escriban un ensayo autobiográfico y, cuando escribí el mío, percibí con mayor claridad que las raíces de mi interés por la memoria podían rastrearse en las experiencias de mi infancia en Viena. También comprendí vívidamente, con gran asombro y gratitud, que mis investigaciones me han permitido ser parte de un período histórico de la ciencia y de una extraordinaria comunidad internacional de biólogos. En el curso de mi trabajo, he llegado a conocer a algunos científicos descolantes que estuvieron en la primera línea de la revolución de la biología y la neurociencia y ejercieron gran influencia sobre mis investigaciones.

De modo que en este libro se entretajan dos historias. La primera es la historia intelectual de los extraordinarios adelantos producidos en el estudio de la mente en los últimos cincuenta años. La segunda es la historia de mi vida y de mi carrera científica a lo largo de esas décadas. Rememoro aquí mis primeras experiencias en Viena, que originaron mi deslumbramiento con la memoria, encauzado primero hacia la historia y el psicoanálisis, luego hacia la biología cerebral y por último hacia los procesos celulares y moleculares de la memoria. Por consiguiente, *En busca de la memoria* es una crónica de la confluencia entre mi empeño personal por comprender la memoria y una de las empresas científicas más grandes: el esfuerzo por explicar la mente en términos de biología celular y molecular.



## Uno

No nos gobierna el pasado literal, salvo, posiblemente, en un sentido biológico. Nos gobiernan las imágenes del pasado, que a menudo están estructuradas en alto grado y son muy selectivas, como los mitos. Las imágenes y las construcciones simbólicas del pasado están impresas en nuestra sensibilidad casi de la misma manera que la información genética. Cada era histórica nueva se contempla en la imagen y en la mitología activa de su pasado, como en un espejo.  
**George Steiner, *En el castillo de Barba Azul***



# 1

## La memoria individual y la biología del almacenamiento de los recuerdos

Siempre me intrigó la memoria. Es increíble: recordamos a voluntad el primer día de clases en la escuela secundaria, la primera cita, el primer amor, y al hacerlo, no recobramos el mero suceso: también vuelven a nosotros el clima del momento, el panorama, los sonidos, los olores, el entorno social. Recordamos la hora, las conversaciones que se entablaron, la atmósfera emotiva en que todo transcurrió. Recordar el pasado es una manera de viajar en el tiempo; nos libera de los límites espaciales y temporales, y nos permite ir y venir sin ataduras recorriendo dimensiones muy diferentes.

Esa suerte de viaje mental me permite en este preciso instante interrumpir lo que estoy escribiendo aquí, en el escritorio de mi casa que da al río Hudson, y trasladarme al pasado, a sesenta y siete años atrás, atravesando el Océano Atlántico para llegar a Viena, Austria, ciudad en la que nací y en la que mis padres tenían una pequeña juguetería.

Es el 7 de noviembre de 1938, mi noveno cumpleaños. Mis padres acaban de darme un regalo que apetecí durante mucho tiempo: un auto de colección alimentado por baterías que obedece a un control remoto. Es un modelo hermoso de color azul brillante. Un cable largo conecta el motor con un volante mediante el cual controlo el movimiento del auto, su destino. Durante los dos días que siguen, llevo el auto por todos los rincones del pequeño departamento que ocupamos: la sala, la zona del comedor; lo hago circular entre las patas de la mesa a la que nos sentamos todas las noches mis padres, mi hermano mayor y yo para cenar; lo paseo por el dormitorio y lo hago volver manejando el volante con enorme placer y mayor confianza cada vez.

Pero mi alegría no dura mucho. Dos días más tarde, al atardecer, nos sobresaltan fuertes golpes en la puerta. Recuerdo el sonido de esos golpes hasta el día de hoy. Mi padre no ha vuelto todavía de la juguetería y es mi madre quien abre la puerta. Entran dos hombres que se identifican como miembros de la policía nazi y nos ordenan preparar algún equipaje y dejar la casa. Nos dan una dirección y nos dicen que debemos alojarnos allí hasta nuevo aviso. Mi madre y yo empacamos sólo una muda de ropa y artículos de higiene, pero mi hermano Ludwig tiene el buen sentido de llevarse consigo sus tesoros más queridos: la colección de estampillas y la de monedas.

Cargando esas pocas pertenencias, caminamos varias cuadras hasta la casa de una anciana pareja judía desconocida de posición más acomodada que la nuestra. Es un departamento grande y bien amoblado que me parece muy elegante. También me impresiona el dueño de casa porque para dormir se pone un camisón lleno de adornos –nada que ver con el pijama que usa mi padre–, se coloca un gorro de dormir y una guía sobre el labio superior para que el bigote mantenga su forma. Aunque hemos invadido su vida privada, nuestros obligados anfitriones son corteses y atentos. Pese a su buena situación económica, también se sienten asustados e inquietos ante los acontecimientos que nos llevaron a su casa. Mamá está incómoda porque piensa que abusa de su hospitalidad, plenamente consciente de que ellos pueden sentirse tan molestos con tres extraños en la casa como nosotros nos sentimos por estar allí. Durante los días que vivimos en ese arreglado departamento, me siento desconcertado y con miedo. Con todo, la mayor causa de angustia para todos nosotros no es el hecho de tener que vivir en casa de extraños sino mi padre: ha desaparecido y no sabemos dónde está.

Al cabo de varios días por fin nos dejan volver a casa. Pero el departamento que encontramos no es el que dejamos. Lo han saqueado y se han llevado todo lo que tenía algún valor: el abrigo de piel de mi madre, sus joyas, la vajilla de plata, los manteles de encaje, algunos trajes de mi padre y todos mis regalos de cumpleaños, incluso el hermoso y brillante auto azul de control remoto. Para nuestro gran alivio, empero, el 19 de noviembre, pocos días después de nuestro regreso a casa, mi padre vuelve. Nos cuenta que cayó en una

redada, junto con cientos de hombres judíos, y que los tuvieron encerrados en barracas del ejército. Consiguió que lo liberaran porque pudo probar que había sido soldado del ejército austro-húngaro, aliado de Alemania en la Primera Guerra Mundial.

Los recuerdos de esos días —mi creciente seguridad cuando guiaba el auto con el control remoto, los golpes en la puerta, la orden de que debíamos alojarnos en casa de extraños, el robo de nuestras pertenencias, la desaparición y posterior reaparición de mi padre— son los más nítidos de mi niñez. Más tarde, comprendí que esos sucesos coincidieron con la *Kristallnacht*, funesta noche en la que no sólo quedaron destrozadas las ventanas de la sinagoga y la tienda de mis padres, sino la vida entera de innumerables judíos en todo el mundo de habla alemana.

Mirando los acontecimientos desde ahora, puedo decir que tuvimos suerte. Nuestros sufrimientos fueron nimios comparados con los de millones de otros judíos que no tuvieron otra opción y se vieron obligados a quedarse en la Europa dominada por los nazis. Después de un año de humillaciones y temor, Ludwig —que en ese entonces tenía 14 años— y yo pudimos partir de Viena hacia los Estados Unidos para vivir con nuestros abuelos en Nueva York. Seis meses después llegaron nuestros padres. Aunque vivimos bajo el régimen nazi sólo durante un año, el desconcierto, la pobreza, la humillación y el temor que que experimenté entonces transformaron ese año en un período decisivo para mi vida.

No es fácil descubrir las raíces infantiles y juveniles de los complejos intereses y las acciones propios de la vida adulta. Así y todo, no puedo dejar de vincular mi posterior interés en la mente —en el comportamiento de las personas, el carácter imprevisible de sus motivaciones y la persistencia de los recuerdos— con ese último año en Viena. Después del Holocausto, uno de los lemas de los judíos fue “no olvidar jamás”, exhortación a las futuras generaciones para que mantengan la vigilancia contra el antisemitismo, el racismo, el odio y las diversas actitudes mentales que allanaron el camino a las atrocidades cometidas por los nazis. Mi trabajo científico está dedicado a investigar los fundamentos biológicos de ese lema: los procesos cerebrales que nos permiten recordar.

Mis recuerdos de aquel año transcurrido en Viena se manifestaron mucho antes de que me interesara por la ciencia, cuando cursaba los primeros años de la universidad en los Estados Unidos. Tenía un interés insaciable por la historia contemporánea de Austria y Alemania, y quería ser historiador. Me empeñé en comprender el contexto político y cultural que había rodeado hechos tan catastróficos procurando entender cómo un pueblo amante del arte y la música podía cometer al poco tiempo los actos más crueles y feroces. Escribí varias monografías sobre la historia de Austria y Alemania, entre las cuales hubo una premiada que trataba sobre la reacción de los escritores alemanes ante el ascenso del nazismo.

Luego, cuando cursaba el último año del *college*, en el período lectivo 1951-1952, quedé deslumbrado por el psicoanálisis, disciplina que tiene el objetivo de levantar las distintas capas de la memoria y la experiencia del individuo a fin de comprender las raíces a menudo irracionales de los móviles, los pensamientos y el comportamiento de los seres humanos. En la década de 1950, la mayoría de los psicoanalistas que ejercían su profesión clínica eran además médicos y por esa razón decidí ingresar a la Facultad de Medicina. Allí me encontraron los vientos de la nueva revolución en la biología y supe que probablemente faltaba poco para que se revelaran los misterios fundamentales de los seres vivos.

No había pasado un año desde mi ingreso a la Facultad de Medicina en 1952, cuando se dilucidó la estructura del ADN. El funcionamiento genético y molecular de la célula se abrió lentamente a la indagación científica. Con el tiempo, ese mismo tipo de investigaciones habrían de abarcar también el cerebro, que es el órgano más complejo del universo. Sólo entonces empecé a pensar en la posibilidad de estudiar los misterios del aprendizaje y la memoria desde el punto de vista biológico. ¿Cómo era que mi pasado en Viena había dejado huellas indelebles en las células nerviosas de mi cerebro? ¿Qué relación existía entre el complejo espacio tridimensional del departamento en el que jugaba con mi auto de colección y la representación interna en mi cerebro del mundo espacial que me rodeaba? ¿Cómo se grabaron por obra del terror en la materia molecular y celular de mi cerebro los golpes en la puerta de la casa de mis padres, de suerte que cincuenta años más tarde no han per-

dido su intensidad y puedo evocar esa experiencia vívidamente en su aspecto visual y emotivo? Son preguntas que eran inaccesibles hace una generación pero que hoy van revelando sus secretos a la nueva biología mental.

La revolución que cautivó mi imaginación cuando era estudiante transformó la biología, que, de ser una disciplina primordialmente descriptiva, se convirtió en una ciencia coherente, sólidamente anclada en la genética y la bioquímica. Antes de la aparición de la biología molecular, había tres ideas preponderantes en el campo biológico: la evolución darwiniana, según la cual los seres humanos y el resto de los animales son producto de una evolución a partir de antepasados más simples y muy distintos; los fundamentos genéticos de la herencia de los rasgos corporales y mentales, y la teoría de que la célula es la unidad fundamental de todos los seres vivos. La biología molecular permitió unir esas tres ideas estudiando la acción de los genes y las proteínas en una célula individual. Así, se reconoció que el gen es la unidad de la herencia, fuerza que impulsa el cambio evolutivo, y que los productos determinados por los genes —las proteínas— son los elementos de las funciones celulares. Mediante el análisis de los elementos fundamentales de los procesos de la vida, la biología molecular reveló lo que todas las formas vivas tienen en común. Puesto que afecta directamente a nuestra vida cotidiana, la biología celular es una disciplina que convoca nuestro interés aun más que la mecánica cuántica y la cosmología, disciplinas científicas que también pasaron por una revolución radical en el siglo xx. Apunta al núcleo mismo de nuestra identidad, nos dice quiénes somos.

En los cincuenta años de mi carrera profesional, fue naciendo este nuevo campo de la biología mental. Los primeros pasos datan de la década de 1960, cuando se unieron la filosofía del espíritu, la psicología conductista (estudio del comportamiento simple en animales experimentales) y la psicología cognitiva (estudio de fenómenos mentales complejos en seres humanos) para dar origen a la psicología cognitiva moderna. Esta nueva disciplina procuraba hallar elementos comunes en los complejos procesos mentales de los animales, desde los ratones hasta los monos y los hombres. Se trataba de un enfoque que se amplió luego para abarcar también a inverte-

brados, como los caracoles, las abejas y las moscas. La psicología cognitiva moderna era rigurosa en el plano experimental y tenía un fundamento muy amplio. Investigaba una franja del comportamiento que iba desde los reflejos simples en los invertebrados hasta los procesos mentales superiores de los hombres, como la atención, la conciencia y el libre albedrío, preocupaciones tradicionales del psicoanálisis.

En la década de 1970, la psicología cognitiva, ciencia de la mente, se fusionó con la neurociencia, disciplina que estudiaba el cerebro, para formar la neurociencia cognitiva, rama de la ciencia que aportó a la moderna psicología cognitiva métodos biológicos para estudiar los procesos mentales. En la década de 1980, la neurociencia cognitiva cobró enorme impulso con las técnicas que permitían obtener imágenes del cerebro y que convertían en realidad el antiguo sueño de atisbar el interior del cerebro humano y observar la actividad de diversas regiones, mientras los sujetos llevaban a cabo funciones mentales superiores como percibir una imagen visual, pensar en una ruta en el espacio o iniciar una acción voluntaria. En estas técnicas se miden índices de la actividad cerebral: la tomografía por emisión de positrones (PET) mide el consumo de energía por parte del cerebro; la resonancia magnética nuclear mide el consumo de oxígeno. A principios de la década de 1980, la neurociencia cognitiva incorporó las técnicas de la biología molecular, lo que dio origen a una nueva ciencia de la mente —la biología molecular de la cognición— que nos ha permitido estudiar a escala molecular cómo pensamos, sentimos, aprendemos y recordamos.

Toda revolución tiene raíces en el pasado, y la que culminó en la formación de la nueva ciencia de la mente no es una excepción. Si bien el papel crucial que desempeña la biología en el estudio de los procesos mentales era nuevo, la capacidad de la biología para influir en nuestra manera de vernos no lo era. A mediados del siglo XIX, Charles Darwin dijo que no fuimos creados en un acto único sino que evolucionamos a partir de antepasados animales. Es más, sostuvo que toda forma viviente se remonta a un antepasado común, que dio origen a la vida. También propuso una idea aun más audaz: que la fuerza que impulsa la evolución no responde a un pro-

pósito consciente, inteligente o divino, sino que constituye un proceso “ciego” de selección natural, procedimiento totalmente mecánico de selección por medio de pruebas y errores, que se fundamenta en las variaciones hereditarias.

Las ideas de Darwin impugnaban directamente las enseñanzas de la mayoría de las religiones. Como el anhelo histórico de la biología había consistido en explicar el diseño divino de la naturaleza, sus teorías rompieron el lazo histórico entre la religión y la biología. Con el tiempo, la biología moderna habría de proponer que los seres vivos, con toda su belleza e infinita diversidad, son meros productos de las combinaciones de bases de nucleótidos, elementos constitutivos del código genético en el ADN. A lo largo de millones de años, las combinaciones existentes hoy fueron “seleccionadas”, por así decirlo, en virtud del éxito reproductivo que aseguraban en el curso de la proverbial lucha de los organismos por la supervivencia.

La nueva biología mental es, en potencia, más perturbadora aun, pues sugiere que no sólo el cuerpo, sino la mente y las moléculas específicas que intervienen en los procesos mentales superiores—la conciencia de sí y de los otros, del pasado y del futuro— evolucionaron a su vez desde la época de nuestros antepasados. Además, esta nueva biología postula que la conciencia es un proceso biológico que, a su debido tiempo, podrá explicarse en términos de vías de señalización moleculares utilizadas por poblaciones de células nerviosas que interactúan entre sí.

La mayoría de nosotros acepta los frutos de la investigación científica experimental si se aplican a otras partes del cuerpo. Por ejemplo, no nos sentimos incómodos por saber que el corazón no es la sede de las emociones y que sólo es un órgano muscular que bombea sangre en el sistema circulatorio. Sin embargo, para algunas personas la idea de que la mente y el espíritu del hombre provienen de un órgano físico—el cerebro— resulta novedosa y alarmante. No pueden creer que el cerebro es un órgano de cómputo que procesa información, cuyo extraordinario poder no radica en su misterio sino en su complejidad: la enorme cantidad de células nerviosas que contiene, su diversidad, y sus múltiples interacciones.

Para los biólogos que estudian el cerebro, la belleza de la mente no se amengua cuando se aplican métodos experimentales para estu-

diar el comportamiento humano. Además, ninguno de ellos teme que se trivialice la concepción que se tiene de la mente por obra de un análisis reduccionista que determine los componentes y las actividades del cerebro. Por el contrario, la mayoría de los hombres de ciencia creen que los estudios biológicos probablemente aumenten nuestro respeto por la potencia y la complejidad de la mente.

De hecho, al haber unificado la psicología conductista y la cognitiva, la neurociencia y la biología molecular, esta nueva ciencia de la mente puede abordar cuestiones filosóficas con las que los pensadores más eminentes han lidiado durante milenios. ¿Cómo adquiere la mente el conocimiento sobre el mundo? ¿Qué proporción de ella se hereda? ¿Nos imponen las funciones mentales innatas una manera fija de experimentar el mundo? ¿Qué cambios físicos se producen en el cerebro cuando aprendemos y recordamos? ¿Cómo es que una experiencia que dura unos minutos se transforma en un recuerdo que dura toda la vida? Estos interrogantes ya no son terreno de especulaciones metafísicas sino fértiles áreas de investigación experimental.

Los aportes de la nueva ciencia de la mente se manifiestan plenamente en la actual comprensión de los mecanismos moleculares que utiliza el cerebro para almacenar los recuerdos. La memoria —capacidad de adquirir y almacenar información sumamente diversa, desde las nimiedades de la vida cotidiana hasta las complejas abstracciones de la geografía y del álgebra— es uno de los aspectos más notables del comportamiento humano. Nos permite resolver problemas que afrontamos a diario evocando simultáneamente varios hechos a la vez, cosa vital para la resolución de problemas. En un sentido más amplio, confiere continuidad a nuestra vida: nos brinda una imagen coherente del pasado que pone en perspectiva la experiencia actual. Esa imagen puede no ser racional ni precisa, pero es persistente. Sin la fuerza cohesiva de la memoria, la experiencia se escindiría en tantos fragmentos como instantes hay en la vida, y sin el viaje en el tiempo que nos permite hacer la memoria, no tendríamos conciencia de nuestra historia personal ni manera de recordar las alegrías que son los luminosos mojones de la vida. Somos quienes somos por obra de lo que aprendemos y de lo que recordamos.

Los procesos de la memoria nos son más útiles si podemos recordar rápidamente los sucesos felices y atenuar el impacto emocional de los acontecimientos traumáticos y de las decepciones. A veces, no obstante, los recuerdos horrorosos persisten y arruinan la vida, como ocurre en el caso del estrés postraumático, perturbación que afecta a algunas personas que sufrieron en forma directa acontecimientos terribles como el Holocausto, la guerra, violaciones o catástrofes naturales.

La memoria no sólo es esencial para la continuidad de la identidad sino para la transmisión de la cultura, la evolución y la continuidad de las sociedades a lo largo de las centurias. Aunque el tamaño y la estructura del cerebro humano no se han modificado desde la aparición del *Homo sapiens* en África oriental hace unos 150.000 años, la capacidad de aprendizaje de los individuos y su memoria histórica se han incrementado a lo largo de los siglos en virtud del conocimiento compartido, es decir, mediante la transmisión de la cultura. La evolución cultural, modo de adaptación que no es biológico, obra en paralelo con la evolución biológica como medio de transmisión del conocimiento del pasado y como comportamiento adaptativo a lo largo de las generaciones. Desde la antigüedad hasta nuestros días, todas las hazañas humanas fueron producto de una memoria compartida que se acumuló durante siglos, fuera mediante registros escritos o a través de una tradición oral conservada con esmero.

Así como la memoria compartida enriquece nuestra vida en tanto individuos, la pérdida de la memoria destruye la continuidad del yo, corta los lazos con el pasado y con los otros, y puede afligir al niño o al adulto maduro. El síndrome de Down, el mal de Alzheimer y la pérdida de la memoria que acarrea la edad son ejemplos muy conocidos de enfermedades que afectan a la memoria. Ahora también sabemos que ciertos defectos de la memoria intervienen en algunas perturbaciones psiquiátricas: en la esquizofrenia, la depresión y los estados de ansiedad, el individuo carga con el peso agregado de una memoria defectuosa.

La nueva ciencia de la mente da sustento a la esperanza de que una mayor comprensión de la biología de la memoria permitirá luego tratar mejor su pérdida y el efecto de los recuerdos dolorosos.

que persisten. De hecho, esta nueva ciencia tendrá probablemente consecuencias prácticas en muchas áreas de la salud. No obstante, sus metas exceden el mero objetivo de remediar enfermedades devastadoras, pues pretende penetrar en los misterios de la conciencia, incluido el misterio supremo: cómo el cerebro de una persona crea la conciencia de un yo único y el sentido del libre albedrío.