

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/312577320>

Que son las Neurociencias

Book · June 2015

CITATIONS

9

READS

28,805

2 authors:



[Agustin Ibanez](#)

Adolfo Ibáñez University

778 PUBLICATIONS 19,694 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

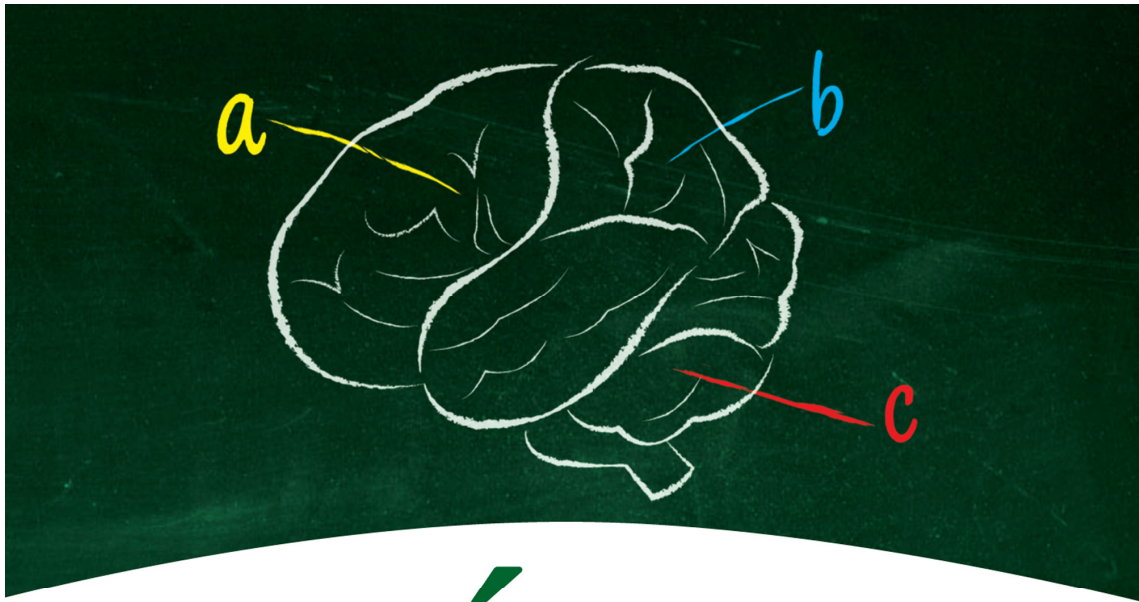


[Adolfo M. García](#)

University of San Andrés

341 PUBLICATIONS 7,167 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



QUÉ SON LAS NEUROCIENCIAS



AGUSTÍN IBÁÑEZ | ADOLFO M. GARCÍA

PAIDÓS

Qué son las neurociencias

Otros títulos de la colección



Daniel Cardinali

Qué es el sueño

Fernando Juan Pitossi

Qué son las células madre

Fidel A. Schaposnik

Qué es la física cuántica

Hugo D. Scolnik

Qué es la seguridad informática

Jorge Geffner y Gabriel Rabinovich

Qué es el sistema inmune

Rodrigo Quian Quiroga

Qué es la memoria

María Teresa Dova

Qué es el bosón de Higgs

Osvaldo D. Uchitel

Qué son las neuronas

Marcelo José Villar

Qué es el dolor

Agustín Ibáñez y Adolfo M. García

Qué son las neurociencias

Prólogo
Nora Bär



Acerca de los autores

Agustín Ibáñez y Adolfo M. García



El doctor Agustín Ibáñez nació en San Juan en 1975. El doctor Adolfo M. García, oriundo de Balcarce, nació en 1982. Hoy, lejos de sus terruños, dedican la mayor parte del día a realizar investigaciones en neurociencias, algunas de modo conjunto y

otras tantas por separado. Desde el comienzo de su colaboración científica, allá por el año 2011, han descubierto que sus manías se articulan bastante bien.

Ambos pertenecen al Laboratorio de Psicología Experimental y Neurociencias (LPEN) –del Instituto de Neurología Cognitiva (INECO)–, al Núcleo UDP-Fundación INECO para las Neurociencias (NUFIN) y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). En dichas instituciones, Agustín se desempeña como director, codirector e investigador independiente, respectivamente. Adolfo lo hace en calidad de investigador, investigador asociado y becario posdoctoral, en el mismo orden. Además, son editores de *Frontiers in Human Neuroscience* y *Frontiers in Aging Neuroscience*. Como parte de su labor, dictan cursos y conferencias en el país y en el exterior (uno de ellos se lleva mal con los aviones).

A lo largo de su formación, Agustín recorrió universidades de Argentina, Chile, Cuba y Alemania (en tierras teutónicas, estudió en la Universidad de Heidelberg y en el Instituto Max Planck). Se especializa en el abordaje neurocientífico de la cognición social y cotidiana dentro de múltiples cuadros neuropsiquiátricos. En los últimos cinco años ha publicado más de cien artículos en revistas internacionales de neurociencias y neuropsiquiatría. Sus aportes han sido distinguidos con numerosos galardones, como el premio Nelson Butters, de la Sociedad Internacional de Neuropsicología (2008); la Beca Latinoamericana de la Sociedad para la Investigación Psicofisiológica (2008, 2009, 2012, 2013); y el Premio de la Sociedad Internacional de Neuroimágenes en Psiquiatría, auspiciado por Elsevier (2011). Amén de los cargos ya citados, Agustín es investigador de la Universidad de Chicago, investigador a sociado del Consejo Australiano de Investigación y presidente de la División Latinoamericana de la Sociedad de Neurociencia Social. Además, es editor de *Scientific Reports*, del Nature Publishing Group.

Adolfo se formó en Argentina y en Estados Unidos. Desde 2008 explora los vínculos entre el procesamiento lingüístico y el cerebro. Su producción de los últimos cinco años incluye más de sesenta publicaciones (incluidos libros, capítulos de libro y artículos en revistas internacionales) y alrededor de cuarenta presentaciones y conferencias en diversas partes del mundo (Argentina, Chile, Estados Unidos, China, Canadá y Australia). Entre sus distinciones se destacan el premio Most Outstanding Paper, de la Asociación Lingüística de Canadá y los Estados Unidos (2013), y la Mención a la Investigación otorgada por la Sociedad Iberoamericana de Neuroeducación (2013). Sus proyectos han sido seleccionados

en convocatorias del Ministerio de Educación de la Nación (2010), la Asociación de Universidades Grupo Montevideo (2012) y la Asociación Australiana de Lingüística Sistémico-Funcional (2014). Actualmente ocupa el cargo de profesor adjunto de Neurolingüística en la Facultad de Educación Elemental y Especial (FEEyE) de la Universidad Nacional de Cuyo (UNCuyo). También es editor asociado del *Journal of World Languages*.

Más allá de las afinidades académicas, Agustín y Adolfo coinciden en varias pasiones: la guitarra, la música en general (el metal y el tango en particular), el humor, la literatura y la filosofía. Que ellas proliferen en el libro es culpa compartida.

Índice



Prólogo, <i>Nora Bär</i>	13
Agradecimientos	17
Introducción	21

Capítulo 1.

El derrotero del narcisismo neural	29
Donde se explica por qué el cerebro humano es un órgano narcisista que por más de cinco mil años se ha fascinado a sí mismo	

Capítulo 2.

La mente plástica	57
Donde encontramos a Ramón y Cajal, quien, inmerso en la selva de neuronas que su propia pluma había trazado, supo preguntarse cómo es que esas estructuras aparentemente rígidas generan algo tan flexible como la mente humana	

Capítulo 3.

La mente informada.	79
Donde se narra cómo, luego de varias reencarnaciones que apelaron a fórmulas lógicas y abstractas, hoy el cognitivismo halla en las neurociencias el saco que mejor le calza	

Capítulo 4.

La mente maquiavélica 113

Donde conocemos varios descubrimientos de la neurociencia social que extienden las observaciones de un afamado escritor florentino

Capítulo 5.

La mente charleta 135

Donde le mostramos esos recovecos del cerebro que le permiten leer este libro, resumirlo por escrito y discutirlo en una mesa de café

Capítulo 6.

La mente enferma 155

Donde recorremos el bestiario de la cognición y descubrimos que el cerebro tiende a corroborar la famosa ley de Murphy

Capítulo 7.

Críticos y futurólogos frente al lienzo del narcisismo neural 173

Un periplo que nos lleva desde el misticismo a la filosofía, de la frenología a la psicología y que ahora serpentea por los ríos de las neurociencias

Apéndice I. Para ubicarse en el cerebro 195

Apéndice II. Para refrescar algunos términos 197

Apéndice III. Para saber más 203

Prólogo



El cerebro es la nueva epopeya de la ciencia. Tal como en los años sesenta el viaje a la Luna impulsó un vasto esfuerzo por conquistar el espacio, hoy miles de científicos de todas partes del mundo exploran las fronteras del conocimiento en un intento por desentrañar los complejos engranajes que dan origen a la mente humana.

Por primera vez, están logrando componer una imagen de cómo las células individuales interactúan con circuitos neurológicos para recordar, procesar, almacenar y evocar vastas cantidades de información, para aprender y enseñar, para tomar decisiones, para saber qué piensan los demás.

Elaboran hipótesis de cómo surge la empatía, la capacidad de atención y hasta la conciencia de ese kilo y medio de neuronas admirablemente preservado dentro del cráneo y que consume alrededor del 20% de la energía que ingerimos con los alimentos. Y lo más importante es que, como nunca antes, hoy cuentan con tecnologías que permiten atisbar dentro del cofre de la mente, poner a prueba esos postulados y verificarlos.

El cerebro está en los discursos presidenciales de Barack Obama, que no hace mucho lanzó una iniciativa de cien millones de dólares para financiar investigaciones, y hasta en los documentos del Banco Mundial. Y así como hace algunas décadas vivíamos en un mundo “psi”, hoy las neurociencias cognitivas están tomando por asalto no solo a la comunidad científica sino a la sociedad en su conjunto: todo, desde el *marketing* hasta la ley y desde la educación hasta la política, exige una explicación basada en los hallazgos de esta disciplina que cada vez atrae a un mayor número de adeptos.

Claro que los nuevos conocimientos, además de ofrecer solución a algunos de los problemas más acuciantes de nuestra época –cómo enriquecer y mejorar la educación o cómo paliar el mal de Alzheimer– también plantean dilemas éticos de difícil resolución. ¿Existe el libre albedrío? ¿Debe castigarse a quienes delinquen arrastrados por un comportamiento antisocial que es consecuencia de carencias nutritivas y afectivas padecidas en la más temprana infancia?

En el competitivo escenario de las neurociencias actuales, Agustín Ibáñez y Adolfo García son dos solistas brillantes que se unieron en un dúo exquisitamente afinado para intentar delinear cuáles son los principios, los métodos de investigación y los principales hitos de esta disciplina que, por derecho propio, reclama un lugar en el cofre de herramientas conceptuales de todo habitante del siglo XXI. Acometieron la empresa con un rigor, una pasión y un brío que descarta interpretaciones banales y al mismo tiempo invitan a seguirlos en este derrotero que no solo traza una anatomía de la mente tal como se la conoce, sino que además plantea preguntas filosóficas cuya respuesta aún está pendiente.

Como afirman al llegar al final, este libro nos propone una verdadera “batahola neuronal”. Propuesta irresistible si las hay.

Nora Bär,
febrero de 2015

Agradecimientos

Tenemos muchas instituciones y personas a las que agradecer. Tanto las primeras como las segundas nos han acompañado durante largo tiempo. Eso, en sí mismo, ya es motivo de agradecimiento.

Ambos autores nos sentimos honrados de pertenecer a las tres instituciones que cobijan nuestra labor como investigadores: el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), el Núcleo de Investigación en Neurociencias (NUFIN) y el Laboratorio de Psicología Experimental y Neurociencias (LPEN, dependencia del Instituto de Neurología Cognitiva, INECO). El Laboratorio, además de computadoras y especímenes de cerebro, alberga a un grupo de personas cuyo talento científico solo es opacado por su calidad humana. Va un gracias enorme a ellos: Sofía Abrevaya, Federico Adolphi, Sandra Báez, Fabricio Baglivo, Indira G. Cordero, Blas Couto, Sol Esteves, Carlos Gelormini, María Luz González, Eduar Herrera, Eugenia Hesse, Lucila Kargie-man, Margherita Melloni, Ezequiel Mikulan, Marcos Pietto, Lucila Reynaldo, Lucas Sedeño y Adrián Yoris.

En especial, queremos destacar los aportes de María Filippini, Mariana Flores, Marcos López Blasco, Florinda Matus y Álvaro Moya, quienes comentaron nuestro primer borrador de modo desinteresado (y a veces descarnado). El reconocimiento es doble para Lucas “Facha” Sedeño, quien, además de ofrecernos sus impresiones sobre el borrador, diseñó las figuras del apéndice I. Por último, agradecemos la pujanza y el apoyo infatigables de Facundo Manes y la confianza que en nosotros depositó Nora Bär al encomendarnos la creación de este libro.

A título personal, Agustín Ibáñez saluda las instituciones internacionales que apoyan sus investigaciones, a saber: el Centro de Excelencia en Cognición y sus Trastornos, del Consejo de Ciencias Australiano y la Universidad de Sídney (Australia); la Universidad Diego Portales (Chile); la Universidad Autónoma del Caribe (Colombia); la Unidad de Cerebro y Cognición de la Universidad de Cambridge (Reino Unido); la Universidad de Chicago (Estados Unidos); y la Sociedad de Neurociencia Social (Estados Unidos). Asimismo, manifiesta su reconocimiento y aprecio hacia las muchas mentes que han coinspirado, discutido, batallado o refinado las ideas que acá presentamos: Ralph Adolphs, Phil Baker, Tristán Bekinschtein, John Cacioppo, Carlos Cornejo, Jean Decety, Walter Freeman, Eduardo Graffigna, David Huepe, Esteban Hurtado, Mariano Ibáñez, Vladimir López, Álvaro Moya, Rodrigo Ortega, Olivier Piguet, María Roca, Johannes Schröder y Mariano Sigman. A Betty, Mariano y Alfonsina (madre, padre y hermana) les debe la mayor gratitud y afecto. En especial, Agustín desea agradecer a sus amadas, Anahí y Margherita, por todo el cariño y aprendizaje que le brindan cotidianamente; y al desierto y las montañas

sanjuaninas, escenario de muchas de las preguntas de investigación que hoy persigue.

Por su parte, Adolfo M. García agradece el apoyo de la Facultad de Educación Elemental y Especial de la Universidad Nacional de Cuyo, la Asociación Lingüística de Canadá y los Estados Unidos, y la Asociación Australiana de Lingüística Sistemico-Funcional. También saluda con admiración a Heidi Bender, Sydney Lamb y Michel Paradis, quienes lo iniciaron en el universo neurocientífico. La gratitud se hace extensiva a los colegas (todos ellos, a su vez, amigos) con quienes ha compartido ideas sobre el cerebro y la mente en los últimos años: David Butt, Víctor Castel, Michael Halliday, Ruqaiya Hasan, María Gabriela Herrera, Daniel Israel, Boris Kogan, Annabelle Lukin, Laura Manoilloff, Sonia Suárez Cepeda, William Sullivan, Sarah Tsiang, Jorge Vivas y Leticia Vivas. Finalmente, Adolfo reserva el más cálido (y siempre insuficiente) agradecimiento para los indispensables de su día a día: sus padres, Raúl y Elba; su hermano, Francisco; su abuela Dora; y su esposa, María.

Agustín Ibáñez y Adolfo M. García
Buenos Aires, enero de 2015

Introducción

¿Cómo no maravillarse ante la mente humana! No nos referimos a la de Einstein o a la de Marie Curie, a la de Piazzolla o a la de García Márquez, sino a cualquier mente, incluso en la más trivial de las circunstancias. Tomemos, por caso, la suya en este momento. Ni se imagina las corrientes de información que está procesando: las palabras que aparecen frente a sus ojos, la huella de las que acaba de leer, los significados que estas evocan, el peso estimativo del libro, la textura de sus páginas, la temperatura ambiente, la conciencia de qué día es, en qué ciudad se encuentra, quién está a su lado, dónde tiene las piernas, de cuánto tiempo dispone antes de su próximo compromiso, cuál es su estado de ánimo, si tiene hambre, sed, sueño... Todo esto, que parece tan abstracto, tan insabible, es producto de las andanzas electroquímicas de un órgano bien concreto: el cerebro.

Un conjunto creciente de investigadores busca desentrañar los vínculos entre nuestras vivencias internas y ese kilito y medio de tejido nervioso que nos llena la cabeza.

Su quehacer contribuye a un campo de estudio complejo y variopinto que llamamos “neurociencias”.¹ El término seguramente le resulte familiar y le suscite cierto interés. No podría ser de otro modo. Usted sabe que posee un cerebro y que de él depende para cada pequeña o enorme cosa que hace. Es inevitable preguntarse qué ha averiguado la ciencia al respecto y cómo lo ha descubierto. Es inevitable, pues, preguntarse qué son las neurociencias.

Haciéndose eco de tal interrogante, el título de la tapa nos reclama y le promete una definición. Para no escaparle al bulto, uno podría proceder al menos de dos formas: de modo breve y general, o de modo extenso y pormenorizado. Apliquemos ya la primera estrategia. Con los beneficios de la síntesis y los escándalos de la omisión, diremos que las neurociencias son una empresa científica que explora la organización y las funciones del cerebro. Si nos tiene paciencia, nos tomaremos siete capítulos para ensamblar una definición del segundo tipo.

Habrá notado que en el título la palabra “neurociencias” tiene una “s” al final. Bien puesta está esa letrita. Gracias a una política de puertas abiertas, este es uno de los ámbitos más heterogéneos que pueda concebir. Si visita un estudio de abogados, se topará con un montón de personas que estudiaron Derecho, leyendo los mismos libros, memorizando los mismos códigos. Si ingresa a una comisaría, lo que verá serán policías (¡qué revelación!), todos con un entrenamiento similar. Ahora, toque la puerta en un laboratorio de neurociencias (en el nuestro lo recibiremos con un café,

siempre y cuando traiga medialunas) y pregunte a sus integrantes cuál es su formación de base. La lista podrá incluir neurólogos, físicos, biólogos, etólogos, psicólogos, psiquiatras, lingüistas, filósofos, sociólogos, matemáticos, estadistas, programadores, músicos... Si sumamos dos trapezistas y un domador, ya cantamos cartón lleno. Además, el campo consta de múltiples ramas, como la neurociencia social, la neurociencia computacional, la traslativa, la integrativa, la neurolingüística y la neuroeducación, entre tantas otras. Cada una tiene su propia agenda de temas, sus propias teorías, sus propios desafíos. Así, la marca de plural en el título no tiene nada de arbitrario.

Tan vasta es esta disciplina que trazar su cartografía completa requeriría miles de páginas. Aquí nos limitaremos a describir solo una parte del territorio, correspondiente a las *neurociencias cognitivas*. Se trata, por decirlo toscamente, del estudio de las bases cerebrales de los fenómenos mentales, desde la acción hasta el comportamiento social, pasando por un sinfín de vericuetos perceptivos, atencionales, afectivos, lingüísticos, etc. Por ende, dejaremos afuera amplias regiones del mundillo neurocientífico que estudian el cerebro sin preguntarse por la mente. Así y todo, vaya que tendremos tela para cortar.

Al interior de las neurociencias cognitivas distinguiremos varias subdisciplinas. Por ejemplo, hay neurocientíficos que solo investigan procesos lingüísticos, de modo que nos enseñan sobre la “mente charleta”. Otros se focalizan en el estudio de los trastornos neurológicos y psiquiátricos para caracterizar aspectos de la “mente enferma”. Del mismo modo, hay ramas de las neurociencias que indagan sobre nuestra mente social, política, matemática, visual, musical y

1. El término fue acuñado en 1962 por Francis O. Schmitt, del Instituto Tecnológico de Massachusetts.

motriz, entre otras. Hay para todos los gustos, y aquí desplegaremos un muestrario bastante variado.

Tal vez se esté preguntando: ¿podré entender algo de todo esto, yo, que no sé nada del cerebro ni de psicología y esas cosas raras? Por supuesto. Este libro no presupone ningún conocimiento específico por parte de los lectores. Todo lo que necesita es curiosidad y ganas de aprender un par de cosas interesantes. De yapa, a lo mejor se le escapa alguna que otra risa.

Al ensayar esa definición extensa que anunciamos, empezaremos (¡ay, de nuestra falta de originalidad!) por el comienzo. En el capítulo 1, veremos que la obsesión del ser humano por comprender la relación entre mente y cerebro data de miles de años. Hoy la tarea ha caído en manos de los neurocientíficos, pero antes hubo agujereadores de cráneos, espiritistas ventriculares, medidores de cabezas y picahieleros neuronales. Referidas estas extravagancias, esbozaremos una breve caracterización de la empresa neurocientífica actual y los métodos que emplea para estudiar el motor de la mente (algunos tan modestos como pruebas impresas en papel, otros tan sofisticados que nos permiten averiguar dónde y cuándo ocurre cierto proceso en el cerebro).

El capítulo 2, mediante un recorrido por la mente plástica, nos mostrará que la genética y la experiencia se imbrican para dotarnos de un cableado neuronal único. Constantemente incorporamos nueva información y, para ello, el cerebro hace alarde de su plasticidad: se fortalecen y se debilitan conexiones, surgen circuitos nuevos y, de vez en cuando, hasta aparecen neuronas que antes no estaban. Para ilustrar qué pasa cuando llegamos a dominar una habilidad, echaremos un vistazo a las mentes de los taxistas, los mozos,

los bailarines de tango y las personas bilingües. Por último, reflexionaremos sobre los nuevos modos de aprendizaje y la educación en la era digital.

En el capítulo 3 nos detendremos frente a la mente informada. La evidencia que consideraremos nos dará varias lecciones. ¿Sabía que el percibir y el hacer van de la mano, que la memoria es tan compleja que solo podemos describirla mediante analogías, y que hay muchas maneras de ser (o no ser) inteligente? Además, para entender cómo opera la atención, deschavaremos algunos trucos de sus manipuladores profesionales: los magos. También indagaremos sobre el poder ejecutivo de nuestro cerebro y tomaremos conciencia sobre, bueno, la conciencia.

El capítulo 4 estará dedicado a la mente maquiavélica, o sea, la parte más afectiva y social del cerebro. Descubriremos que no hace falta tirar las cartas para leerles el pensamiento a quienes nos rodean, que nuestras decisiones no son ni enteramente racionales ni enteramente nuestras, que el prejuicio es más rápido que la palabra, que la química de pareja no es necesariamente metafórica, que el orgasmo podría ser incluso más benéfico de lo que creemos y que la gauchada se parece bastante al hedonismo. Por supuesto, también nos enteraremos de qué pito toca el tejido neuronal en estas cuestiones.

El capítulo 5 versará sobre la mente charleta, aquella que le permite conversar con un amigo, comprender un monólogo, leer el diario y escribir un relato. Aprenderemos que, durante estas actividades, cada mitad del cerebro se ocupa de tareas específicas. Además, nos encontraremos con que el lenguaje no es una sola cosa indivisa, sino un conjunto de mecanismos distintos y relativamente autónomos. Luego

vamos a cronometrar cuánto tardan nuestras redes neurales en escuchar una palabra, comprenderla y evaluar cómo se ajusta a la oración que la contiene. Por si fuera poco, veremos que nuestros cerebros se sintonizan cuando dialogamos y que construyen una íntima relación entre las acciones corporales y las palabras que las nombran.

En el capítulo 6 seremos espectadores de la mente enferma. Un desbarajuste cerebral puede hacer que olvidemos cosas, caminemos temblorosos, evitemos el contacto social o larguemos puteadas a diestra y siniestra. Las causas de estos y tantos otros infortunios pueden ser de lo más variadas. A veces el problema está en desperfectos estructurales dentro de las neuronas. En otras ocasiones, la mente se enferma porque dichas células no se comunican bien. Encima, el estrés psicosocial y la privación afectiva también nos pueden despelotar la cabeza. Así y todo, el capítulo no será enteramente lúgubre. Comprobaremos que los pacientes cerebrales nos brindan valiosas lecciones para comprender la mente sana y discutiremos los principios que, en el mediano plazo, sustentarán una neuropsiquiatría 2.0.

Para finalizar, en el capítulo 7 señalaremos las contribuciones, limitaciones y problemáticas (algunas consabidas, otras potenciales) de esta joven disciplina. Desde el gran enigma que deja mudo a todo neurocientífico hasta la denuncia de los neuro-timadores, pasando por las discusiones sobre enanitos cerebrales, los puntos débiles de la metodología, los desafíos teóricos y las pifiadas conceptuales, reconoceremos que las neurociencias, al igual que sus practicantes, distan de ser perfectas. Apuntaremos, sin embargo, que hay luz al final del túnel. Repasaremos las principales iniciativas para superar estos escollos e identi-

ficaremos algunos de los aportes que el campo le depara a la sociedad.

Como se imaginará, a lo largo de esta travesía mencionaremos un montón de regiones, estructuras y redes cerebrales. Para que no se sienta como turco en la neblina, en el apéndice I hallará algunas neuroimágenes con referencias que le permitirán saber dónde está cada cosa. Tampoco faltarán las palabras nuevas y rimbombantes. En el apéndice II podrá consultar sus definiciones. Por último, si quiere seguir explorando los recovecos de esta disciplina, no estarán de más las sugerencias del apéndice III.

Al voltear la última página, si hemos cumplido mínimamente nuestro cometido, podrá cerrar el libro y releer el título sin encogerse de hombros. Le proponemos, sin más, sumergirse en una verdadera batahola neuronal. Usaremos nuestros procesos cerebrales para evocar en usted procesos cerebrales que le permitan entender los procesos cerebrales que buscan desentrañar los procesos cerebrales. Lindo rollo, ¿eh?

El derrotero del narcisismo neural

Donde se explica por qué el cerebro humano es un órgano
narcisista que por más de cinco mil años
se ha fascinado a sí mismo

Las neurociencias son herederas contemporáneas de una larga tradición de cerebros que estudian el cerebro y su relación con la mente. Gracias a ellas, el narcisismo neural atraviesa una época dorada. En las últimas cinco décadas aprendimos más sobre estos asuntos que en el resto de nuestra existencia. El derrotero precedente, no obstante, merece ser contado.¹

CABEZAS HUECAS Y LA PUJA ENTRE EL CORAZÓN
Y EL CEREBRO

En Occidente nos gusta decir que todo empezó con los griegos. Si no en sentido general, esto es falso al menos en lo que

1. En esta breve crónica obviaremos los hitos correspondientes a disciplinas afines, como la filosofía de la mente y las ciencias cognitivas, el campo de los sistemas dinámicos, la neurobiología molecular y los estudios en animales. Con todo, algunos de ellos serán tratados en los próximos capítulos.

atañe a la reflexión sobre el cerebro. De este lado del mundo, la empresa comenzó con Heródoto, Hipócrates y Aristóteles; pero, si levantamos la vista, encontraremos antecedentes en culturas bastante más antiguas.

La primera técnica conocida para tratar alteraciones del comportamiento mediante intervención cerebral es la trepanación. La práctica consistía en agujerear el cráneo para, según se presume, extraer espíritus malignos y curar enfermedades. Diversos restos fósiles hallados en Ucrania revelan que la trepanación ya se utilizaba en el Neolítico, hace unos siete mil años. En Sudamérica también se practicaba desde al menos el 700 a. C. De hecho, culturas como las paracas, la nazca y la inca daban cuenta de gran sofisticación en el procedimiento: se valían de la coca y la chicha como anestésicos y usaban oro para sellar el hueco resultante.²

La trepanación también era moneda corriente para los egipcios, cuyo fanatismo por la momificación los había convertido en duchos anatomistas. Entre ellos se destacaba Imhotep (c. 2690-2610 a. C.), considerado un dios porque, como Quentin Tarantino en sus *castings*, tenía la capacidad de resucitar muertos. Los escritos de Imhotep permiten entrever a un científico perdido en la Antigüedad. Se lo considera el primer autor del papiro de Edwin Smith, obra pionera en la caracterización de estructuras cerebrales y procedimientos diagnósticos y quirúrgicos.

A contrapelo del discurso de su época, Imhotep abordó el funcionamiento del cerebro y otros órganos casi sin recu-

rrir a explicaciones mágicas o religiosas. Ofreció las primeras descripciones de las suturas craneales, las meninges y el líquido cefalorraquídeo; recomendó el uso de opiáceos como anestesia durante la intervención cerebral; y, por si fuera poco, propuso los primeros correlatos objetivos entre la conducta y el tejido nervioso. Por ejemplo, observó que las lesiones cerebrales producían síntomas motores. Asimismo, documentó trastornos de origen neurológico que hoy probablemente se diagnosticarían como epilepsias y afasias. Al esbozar explicaciones biológicas de la mente y alejarse de los razonamientos espiritistas, Imhotep anticipó el debate entre dualistas y emergentistas (véase más abajo). Él, por supuesto, ni siquiera lo intuyó. Parafraseando a Jorge Luis Borges, diríase que son los neurocientíficos quienes crean a sus precursores.

A pesar de la labor de Imhotep, los egipcios abonaron la idea de que el pensamiento, las emociones y la voluntad (buena parte de lo que hoy concebimos como mente) residían en el corazón –más precisamente, en el Ib, uno de los cinco componentes del alma–. No fue este el único órgano que se imbuyó de propiedades mentales en la Antigüedad. Los judíos y los babilónicos, por ejemplo, supieron atribuirles facultades cognitivas a los pulmones y al hígado, respectivamente. En la puja por la potestad biológica de lo mental, el cerebro quedó al margen de la discusión durante cientos de años, hasta que un par de sabios griegos lo ubicaron en el centro de la escena.

El primero en cuestionar la doctrina del corazón fue Heródoto (c. 484-425 a. C.). Además de dar origen a la historia (mejor dicho, a la historiografía), Heródoto bosquejó los primeros emparejamientos entre cognición y cerebro en

.....
2. Hoy la trepanación se sigue usando como método de acceso quirúrgico para tratar hematomas subdura-
les y otros problemas neurológicos. También se emplea indiscriminadamente en películas de terror clase B.

Occidente. Tal correlación se vislumbra, por ejemplo, en su descripción de la llamada “enfermedad sagrada” que contrajo el rey persa Cambises II. Luego de matar a Apis, un toro divino, el rey comenzó a cometer actos de locura y asesinatos (en la volteada cayeron su hermano y su hermana). Para Heródoto, el comportamiento errático del monarca quizás no se debía a una causa divina, sino a una somática; parecería tratarse de una epilepsia, provocada por alguna perturbación cerebral.

El cerebro también fue protagonista en las propuestas de Hipócrates (c. 460-370 a. C.), fundador de la medicina como disciplina científica. En su teoría de los cuatro humores, el cerebro era un receptáculo de la flema y constituía el asiento del alma y las ideas. El corazón hipocrático contribuía a otras cuestiones, como la respiración y la circulación sanguínea en pos de la “nutrición del alma”.

Muy distinta era la opinión de Aristóteles (c. 382-322 a. C.), quien retomó la tradición egipcia y concibió una mente cardiaca. Influenciado por pensadores vivos y difuntos (Alcmeón, Pitágoras, Demócrito, Platón) y guiado por experimentos en animales, Aristóteles razonó que el órgano mejor equipado para contener el alma (y, con ella, la memoria, las emociones y el lenguaje) era el corazón: una estructura única, móvil y caliente, de posición central en la anatomía humana y con conexiones hacia varias partes del cuerpo. Por su parte, el cerebro haría las veces de *cooler*. Cuando el corazón se calentaba por las pasiones del alma o la mente, el cerebro venía al rescate para enfriar los ánimos.

La concepción cardiocéntrica de las funciones mentales gozó de cierto éxito durante varios años. De hecho, aún es discernible en expresiones cotidianas de algunas lenguas

indoeuropeas, como *recordar* (etimológicamente, “volver a pasar por el corazón”), en español, o *know something by heart* (“saber algo de memoria”, o, literalmente, “saber algo de corazón”), en inglés. Sin embargo, con el tiempo se impuso la perspectiva hipocrática y comenzaron a postularse prototeorías neurológicas de la actividad cognitiva, bajo el influjo de las tradiciones árabe y asiática.

FANTASMAS EN LA CABEZA

Antes que los celulares estuvieron los telégrafos. Antes que los autos estuvieron las carretas. Antes que las teorías neurocientíficas estuvieron las prototeorías de la mente y el cerebro, reflexiones más o menos sistemáticas sobre el tema con postulados que oscilaban entre lo científico, lo filosófico y lo religioso.

La prototeoría más popular es la hipótesis ventricular de la mente. Esta proponía que la base anatómica del alma y las facultades intelectuales correspondía a unas cavidades denominadas “ventrículos cerebrales”. Hoy sabemos que los ventrículos contienen el líquido cefalorraquídeo, pero durante mucho tiempo se creyó que estaban vacíos. *Grosso modo*, la hipótesis ventricular sostenía que por dichos huecos circulaban espíritus que daban vida a nuestra experiencia mental y emocional; algunos lamentamos el descubrimiento de que esto es falso: ¡cuánto más fácil sería la vida si pudiéramos achacar nuestras decisiones y pensamientos a un montón de fantasmillas que nos revolotean en el cráneo!

Al parecer, la hipótesis ventricular se originó hace unos cuatro mil años en Persia e Irán, fue rescatada tardíamente

por los árabes y luego cobró popularidad en la Escuela de Alejandría. En Grecia, los primeros en proponer a los ventrículos como base de la mente fueron Herófilo (c. 335-280 a. C.) y Erasistrato (c. 304-250 a. C.). Ya en la era cristiana, esta perspectiva halló voceros en Rufo de Éfeso (c. 110-180) y su discípulo Galeno (c. 130-200). En el siglo IV, Nemesio (c. 390) propuso que diferentes sectores de los ventrículos se ocupaban de facultades específicas, como la fantasía, la lógica y la memoria. Bastante más tarde, Averroes (1126-1198) compiló múltiples trabajos de esta corriente y describió diversos problemas médicos en virtud de sus supuestos. A comienzos del siglo XVI, mucho antes de ser malogrado por Dan Brown, Leonardo da Vinci (1452-1519) relleno ventrículos cerebrales con yeso y logró reproducirlos en su forma primigenia. Si bien supo manifestar dudas acerca de la hipótesis ventricular, la avaló y favoreció su instauración como *mainstream* del campo a lo largo del Renacimiento.

En 1633, a caballo de trabajos previos de Galeno y Versalio, Descartes (1596-1650) propuso que el correlato físico del alma correspondía al cuerpo pineal, una glándula endócrina del cerebro con forma de pino (algunos consideran que dicha atribución surgió al confundirse el cuerpo pineal con uno de los ventrículos). Esta estructura cumplía un papel crucial en la formulación cartesiana, pues permitiría la interacción entre la conciencia, producto de un alma inmaterial integrada por “espíritus animales”, y el cerebro, conjunto de estructuras físicas.

Tal escisión entre mente y materia dio origen al llamado “dualismo metodológico”, la idea de que el estudio del tejido neural es irrelevante para comprender los fenómenos mentales. Si bien esta postura ha cosechado muchos adeptos de

distintas disciplinas (incluso en nuestros días), las neurociencias la rechazan de lleno. Como explica el filósofo Daniel Dennett, el modelo de Descartes concibe la conciencia como un teatro en el que un hombrecillo (el cuerpo pineal) observa los datos que ingresan desde los sentidos, decide cómo proceder y envía órdenes al resto del cuerpo. Hoy en día el cerebro continúa siendo una fuente de enigmas, pero de algo estamos seguros: no hay en nuestra cabeza ningún Koji Kabuto glandular que nos controle como si fuéramos Mazinguer Z. Sin embargo, más adelante veremos que aún existen posiciones dualistas, más complejas y enmascaradas que la cartesiana.

La hipótesis ventricular/pineal se mantuvo vigente a lo largo del Medioevo y no entró en declive sino hasta comienzos del siglo XIX, cuando se dejó de creer en los “espíritus animales”. A pesar de lo ridícula que nos resulta, ninguna otra propuesta logró hegemonizar el campo durante tanto tiempo, y probablemente ninguna otra lo logre. El ritmo al que avanzan las neurociencias lleva a la falsificación constante de modelos y teorías. Es que la ciencia ha evolucionado de manera martirial. A medida que extiende la longevidad de las personas, reduce la longevidad de sus hipótesis.

¿CADA COSA EN SU LUGAR O UNO PARA TODOS
Y TODOS PARA UNO?

Entrado el siglo XIX, el dualismo seguía presente gracias al aval de la Iglesia católica romana. Para oponerse a dicho dogma, hacía falta más coraje que solidez empírica. Si no,

pregúntele a Franz Joseph Gall (1758-1828), cuyas ideas le costaron el puesto de profesor en la Universidad de Viena, bajo imputaciones de herejía, y pronto se vieron refutadas por la evidencia experimental.

De joven, Gall tuvo la impresión de que sus compañeros más lúcidos tenían frentes y ojos prominentes y que las mujeres seductoras poseían nucas particularmente amplias. Ante estas observaciones, conjeturó que la inteligencia y la pasión romántica incrementarían el volumen de las zonas frontal y posterior del cerebro, respectivamente. A partir de esto, con su colega Johann Gaspar Spurzheim, Gall propugnó la teoría frenológica, según la cual todas las facultades mentales dependerían del cerebro.

Más precisamente, lo que propuso era que el cerebro constaba de varios órganos independientes, cada uno de los cuales se encargaba de una cualidad intelectual o moral específica, como el lenguaje, la conciencia, la cautela y la benevolencia. No solo eso: la frenología suponía que el tamaño de determinadas porciones del cráneo reflejaba el volumen del tejido cerebral subyacente y que a mayor volumen, mayor desarrollo de la facultad en cuestión. Con menos *glamour* que los modernos tests de orientación vocacional, Gall y Spurzheim palpaban las cabezas de las personas y “predecían” sus habilidades. De este modo, dieron el puntapié inicial del localizacionismo (una especie de “cada cosa en su lugar”).

La frenología alcanzó más notoriedad que apoyo. La postura prevalente era la holista, encarnada en la figura de Marie-Jean Pierre Flourens (1794-1867). El holismo postulaba que cualquier proceso cognitivo dependía de la actividad global del cerebro en su conjunto. En experimentos con

animales, Flourens extrajo una por una las regiones corticales que Gall vinculaba con determinadas funciones mentales, pero no verificó ninguno de los déficits que predecía la frenología. Por tanto, concluyó que la corteza era equipotencial. Toda región cerebral tendría la misma importancia en la ejecución de cualquier función (algo así como “uno para todos y todos para uno”).

La batalla entre localizacionistas y holistas se extendió hasta el siglo XX. Wilder Penfield (1891-1976), ganador del Premio Nobel, demostró que la estimulación eléctrica de áreas discretas de la corteza interfería con procesos cognitivos específicos. Por otra parte, mediante sus propios métodos de lesión, Karl Lashley (1890-1958) fracasó en sus intentos de localizar el engrama (la huella de la memoria en el cerebro) y desarrolló una versión más sofisticada del holismo. Hoy sabemos que ni el localizacionismo ni el holismo dan cuenta precisa de la organización neural de las funciones cognitivas. Sin embargo, guardamos una deuda con estas dos concepciones. A pesar de sus errores e incompatibilidades, ambas evidenciaron las posibilidades de entender la mente desde una perspectiva intermedia entre lo global y la localización extrema.

EL CEREBRO DESCOMPUESTO

Buena parte de nuestro conocimiento sobre la mente proviene de las ciencias clínicas. Estas revelaron cómo distintas estructuras y procesos neurológicos se vinculan con dominios cognitivos, conductuales y emocionales. Aquí los protagonistas son los pacientes. De no ser por los accidentes

cerebrovasculares, los tumores y las guerras (¡e incluso la imprudencia científica!), las neurociencias no podrían haber avanzado como lo hicieron en los últimos ciento cincuenta años.

La disciplina que más se nutrió de estos mártires involuntarios fue la neuropsicología. En la segunda mitad del siglo XIX, Paul Broca (1824-1880) y Carl Wernicke (1848-1905) iniciaron el estudio de las correlaciones entre trastornos cognitivos selectivos y daño cerebral focal. Ambos demostraron que distintas (sub)funciones cognitivas, como la producción y la comprensión del habla, dependían de diferentes áreas cerebrales. Aclaremos, por las dudas, que no había nada de frenológico en esta observación. Por ejemplo, mientras que Gall y Spurzheim atribuían toda facultad lingüística a una porción específica del cerebro, Broca y Wernicke postularon que distintas habilidades lingüísticas se localizaban en distintas áreas (en el capítulo 5 profundizaremos este tema).

El ardid de Broca y Wernicke era el siguiente: recibían pacientes con trastornos cognitivos específicos, documentaban sus síntomas, esperaban a que se murieran y luego analizaban sus cerebros en busca de lesiones en áreas determinadas. La imagen de un hombre que extrae el cerebro de un cadáver puede ser algo perturbadora, pero, como verá a continuación, no es ni por asomo la más espeluznante que nos depara la historia de la neuropsicología.

En la década del cuarenta, António Egas Moniz (1874-1955) propugnó la leucotomía, técnica que consistía en cortar ciertas conexiones del lóbulo frontal para tratar la ansiedad severa, la depresión, las tendencias suicidas y el trastorno obsesivo-compulsivo. Bajo el influjo de Moniz,

Walter Freeman (1895-1972) concibió una técnica similar, denominada “lobotomía”, mediante la cual se destruían las conexiones entre los lóbulos frontales y el tálamo. Como Freeman carecía de licencia para practicar cirugías, en un principio debió valerse de la colaboración de un neurocirujano. Sin embargo, luego descubrió que se podía intervenir en el cerebro mediante un procedimiento que no requería credenciales quirúrgicas y que podía realizarse en cualquier lugar sin aplicar anestesia. Acá la cosa se pone nefasta.

Su proceder se conoce como “técnica del picahielo”. Con esa herramienta, que luego reemplazó por un estilete, Freeman ingresaba al cráneo de los pacientes a través de las cavidades oculares (los espacios en que se ubican los ojos). Al tironear del instrumento para un lado y para el otro y martillar su base con un mazo de goma, cortaba las conexiones nerviosas de los lóbulos frontales con el resto del cerebro. Al principio solo trataba pacientes con esquizofrenia severa, pero con el tiempo extendió su práctica a casi cualquier condición. Las personas más “afortunadas” recibían electrochoques antes de la intervención para generarles convulsiones; otras, víctimas del histrionismo y la sed de atención de Freeman, eran sometidas al tratamiento mientras estaban conscientes y despiertas.

Las leucotomías y las lobotomías se practicaron masivamente hasta la década del cincuenta. El propio Freeman recorrió Estados Unidos en su “lobotomóvil” (no es broma; así bautizó al auto en que viajaba) y destruyó las cortezas prefrontales de más de tres mil personas. Las consecuencias fueron atroces para los pacientes y menos que felices para los promotores de ambas técnicas. En 1938, Moniz ligó ocho balazos de manos de un paciente descontento y quedó

paralítico. Si bien en 1949 recibió el Premio Nobel por su innovación, se convirtió en el primer caso en que diversas organizaciones, lideradas por familiares de pacientes lobotomizados, abogaron por la remoción del galardón. Por su parte, Freeman fue destituido de la práctica médica al provocar la muerte de un paciente durante una lobotomía. Pasó el resto de su vida en la ignominia, desmadrando cerebros clandestinamente hasta su muerte, en 1972.

Estas maniobras nos legaron dos valiosas lecciones. Por un lado, los perfiles cognitivos de los pacientes lobotomizados demostraron que las conexiones prefrontales (en particular, las vías frontoestriadas) cumplen un papel esencial en la motivación, las emociones y la socialización. Por otro lado, este mismo hallazgo corroboró la enseñanza de Doña Rosa a sus hijos: “Chicos, no se metan picahielos en los ojos porque pueden hacerse pelota el cerebro”.

Otro neuropsicólogo que realizó grandes avances fue Alexander Luria (1902-1977). En su caso, no fue necesario dañar cerebros adrede. La Segunda Guerra Mundial le deparó las más amplias poblaciones de pacientes neurológicos de las que se tenga registro. Luria estudió centenares de soldados con lesiones focales, provocadas por balas o esquirlas de proyectiles, y documentó trastornos mentales que afectaban componentes muy específicos del lenguaje, la memoria, las emociones y otros dominios. Para ello, diseñó baterías de pruebas muy innovadoras, algunas de las cuales se siguen usando en la actualidad.

Luria realizó aportes fundamentales para la comprensión de las funciones del lóbulo frontal y sus conexiones, entre muchas otras cosas. Acaso su principal contribución haya sido descubrir que cada dominio cognitivo depende

de redes neuronales distribuidas, que denominó “sistemas funcionales complejos”. Para llevar a cabo un proceso cognitivo determinado, como comprender una oración, el cerebro pone en juego múltiples áreas, cada una de las cuales se especializa en procesar un determinado tipo de información. A su vez, cada área puede participar en diferentes sistemas funcionales. Por ejemplo, el giro temporal superior es crítico para la discriminación fonológica. Por ende, al dañarse, se observan déficits en todas las tareas que requieran discriminar fonemas (como la comprensión oral, la repetición y la escritura). Esta concepción de la organización y el funcionamiento del cerebro, que supone una *iusta via media* entre el localizacionismo y el holismo, fue pionera en el desarrollo de las neurociencias actuales.

Por otro lado, entre la segunda mitad del siglo XIX y la primera del siglo XX se instaló una división entre la neurología y la psiquiatría (que aún nos acompaña). James Parkinson describió la enfermedad neurodegenerativa que lleva su nombre; Jean-Martin Charcot distinguió la esclerosis múltiple del síndrome de Tourette; Emil Kraepelin y luego Alzheimer describieron las correlaciones entre estructuras cerebrales atrofiadas y diversas manifestaciones clínicas; George Huntington caracterizó la primera enfermedad neurológica conocida de transmisión genética (la enfermedad de Huntington). Esta tradición se focalizó en las correlaciones clínicas y anatomopatológicas.

Sin embargo, no todos los investigadores clínicos estaban listos para atribuir los trastornos mentales a daños cerebrales. A diferencia de quienes hoy denominamos “neuropsicólogos” y “neurólogos”, los incipientes psiquiatras consideraban que muchas alteraciones de la cognición y la conducta no

tenían una causa biológica discernible y que, por tanto, debían tratarse como trastornos de la psiquis. A menudo bajo una impronta psicoanalítica, se propuso una contraposición espuria entre condiciones neurológicas y psiquiátricas, mediante dicotomías como orgánicas vs. funcionales, genéticas vs. ambientales, localizables vs. indeterminadas.

El corolario fue una escisión dentro de la comunidad científica entre las concepciones cerebrales y psicologicistas de los orígenes, las causas y las manifestaciones de las enfermedades mentales. Así, por ejemplo, mientras los neurólogos interpretaban (correctamente) el síndrome de Tourette como resultado de una alteración biológica con predisposición genética, psicoanalistas como Sándor Ferenczi lo atribuían a la represión de fantasías masturbatorias. Incluso las publicaciones científicas se vieron afectadas por esta división. La prestigiosa revista periódica *Archives of Neurology and Psychiatry*, por ejemplo, se disolvió para dar lugar a dos revistas con su propia agenda de investigación, hoy llamadas *JAMA Neurology* y *JAMA Psychiatry*.

La grieta entre lo “neuro” y lo “psico” ha calado hondo en nuestro ideario colectivo. Cuando oímos que un vecino padece de un trastorno neurológico, reaccionamos con pena y empatía ante el infortunio biológico que lo aqueja. En cambio, cuando nos enteramos de que otro vecino presenta un cuadro psiquiátrico, lo despachamos rápido con un “guarda que viene el loquito de enfrente”.

Lo que proponía (¡y aún propone!) la comunidad psicoanalítica y una parte marginal de la comunidad psiquiátrica es un dualismo *new age*, menos supersticioso pero igual de infundado. Armados con una retórica rebuscada, presupuestos incontrastables y una carencia absoluta de sustento

empírico, los psicogurús diagnostican y tratan a pacientes con alteraciones cerebrales bajo el supuesto de que al hablar sobre sus deseos reprimidos y experiencias tempranas lograrán superar los traumas.

Tal ha sido el peso de esta tradición que las facultades de psicología en Argentina y otros países, dominadas por enfoques psicoanalíticos, hacen oídos sordos ante la avalancha de datos que demuestra la dimensión neurobiológica de toda afección mental. Compartimos, en este sentido, el lamento del epistemólogo argentino Mario Bunge: que las facultades de psicología del siglo XXI alienten una formación psicoanalítica equivale a que las facultades de medicina abogaran por la enseñanza de la alquimia. Las neurociencias cognitivas desdibujan la escisión entre lo “neuro” y lo “psico”, lo cual demuestra que, aun si aceptamos la distinción terminológica, se trata de dos caras de una misma moneda.

OCHO TRAMPOLINES NOBEL HACIA LAS NEUROCIENCIAS COGNITIVAS

En la primera parte del siglo XX, incluso antes de que existiera el término “neurociencias”, se realizaron enormes descubrimientos sin los cuales la respuesta al título de este libro sería “nada”. A continuación, los recorremos en una síntesis sesgada y extrema.

Todo comenzó con una innovación genial. El método de tinción con cromato de plata,³ desarrollado por Camillo

.....

3. Este método permite visibilizar neuronas tiñéndolas con un derivado de la plata.

Golgi (1843-1926), posibilitó reconocer estructuras celulares muy particulares en el tejido nervioso. Armado con dicho recurso, Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) descubrió que el cerebro se compone de unidades fundamentales, llamadas “neuronas”, que se comunican por medio de señales eléctricas. El hallazgo fue revolucionario, como lo fueron los dibujos con que el científico plasmaba sus observaciones. A nadie sorprendió que en 1906 se le otorgara el Premio Nobel, pero más de uno saltó de la silla al enterarse de que el premio sería compartido con Golgi, su archirrival.

Otro ganador del Premio Nobel, Charles Sherrington (1857-1952), introdujo el término “sinapsis” (ya conceptualizado por Sigmund Freud) para denominar tanto el lugar como el mecanismo de conexión entre las neuronas. Su trabajo sentó las bases de un programa de investigación para entender cómo el cerebro lleva a cabo funciones básicas y complejas, desde los reflejos hasta la cognición.

En la década del veinte, Otto Loewi (1873-1961) y Henry Dale (1875-1968) demostraron que, además de la actividad eléctrica, las neuronas se conectan mediante sustancias químicas que atraviesan el diminuto espacio sináptico (de unos 20 a 40 nanómetros). Sus estudios confirmaron que tales sustancias, hoy llamadas “neurotransmisores”, modulan la actividad neuronal y, con ella, la conducta, la cognición y las emociones (ah, sí, Loewi y Dale también ganaron el Premio Nobel).

En 1949, Donald Hebb (1904-1985) concibió un modelo del aprendizaje basado en asociaciones entre redes neuronales. Pocos años después, Alan Hodgkin (1914-1998) y Andrew Huxley (1917-2012) descubrieron cómo opera la actividad eléctrica en las neuronas y formularon el primer modelo matemático de comunicación interneuronal. Este

fue el disparador para que luego se comprendiera la dinámica compleja de la neurotransmisión y sus vínculos con diversos procesos cognitivos. En 1963, ambos investigadores se sumaron al selecto club de ganadores del Nobel.

Un último paso clave hacia la consolidación de las neurociencias lo dio Eric Kandel (nacido en 1929), quien describió los cambios bioquímicos que ocurren en las neuronas para generar el aprendizaje y la memoria (semejante hazaña, por supuesto, no se quedaría sin su Nobel).

Esta sucesión de hitos, coronada por la labor de Kandel en los sesenta, redundó en el surgimiento de una aproximación inédita al estudio de la mente. Demos la bienvenida a las neurociencias cognitivas.

CÓMO SE ESTUDIA EL MOTOR DE LA MENTE HOY

Además de los avances enumerados hasta aquí, las neurociencias deben su existencia al cognitivismo, cuyos aportes trataremos en el capítulo 3. Sin embargo, hoy constituyen una disciplina independiente y discernible. El término “neurociencias cognitivas” data de finales de los años setenta, cuando George Miller y Michael Gazzaniga lo invocaron para referirse al estudio científico de los sustratos biológicos de la cognición. Se trata de una empresa esencialmente interdisciplinaria, que se superpone con la psicología, la biología y la ingeniería, entre tantos otros campos. Su avance ha estado ligado al avance de la tecnología, sobre todo en materia de neuroimágenes, técnicas de registros neurofisiológicos y desarrollos informáticos para el procesamiento de datos.

Las neurociencias cognitivas se caracterizan por subsumir múltiples subdisciplinas especializadas. Entre ellas podemos mencionar la celular, la molecular, la del desarrollo, la afectiva, la computacional, la conductual, la cultural y muchas otras. A su vez, la neurociencia integrativa busca combinar los hallazgos de todos estos ámbitos.

A pesar de la heterogeneidad de sus temas de estudio, prácticamente todas las neurociencias cognitivas se valen de los mismos métodos generales para estudiar la mente. Podemos inferir procesos cerebrales de modo indirecto, empleando medidas conductuales y periféricas (como la conductividad de la piel), o de modo más directo, ya sea mediante técnicas invasivas (que implican dañar alguna parte del tejido nervioso) o no invasivas (que nos dejan ver cómo se “encienden” ciertas partes del cerebro durante determinada tarea). Dentro de estas últimas, algunas miden sucesos químicos, magnéticos o hemodinámicos para precisar *dónde* ocurre cierto evento en el cerebro, mientras que otras registran aspectos eléctricos para investigar *cuándo* tiene lugar un proceso. Por añadidura, si pensamos en el cerebro como el motor de la mente, distinguiremos entre exploraciones estructurales (que buscan entender cuál es el tamaño y la organización de los componentes, los cables y las tuercas) y funcionales (cuyo objetivo es determinar, por ejemplo, en qué momento, en qué secuencia y a qué velocidad se activa uno u otro componente según el uso que le estamos dando al motor). Conozcamos algunos detalles de dichos métodos.⁴

4. Restringiremos la discusión a los métodos en humanos, pues son los que brindan información más

Cómo estudiar el motor de la mente desde afuera del capot

Nuestras conductas deliberadas y nuestras reacciones automáticas son el resultado de procesos mentales asentados en el cerebro. Al observar las primeras, podemos inferir algunas propiedades clave de los últimos. Gracias a los tests neuropsicológicos, en un par de horas se pueden evaluar muchos aspectos de una persona, como el nivel de inteligencia, la capacidad de memoria, la sensibilidad emocional, las destrezas sociales, las habilidades de planificación y el desempeño verbal. Armado con un puñado de páginas impresas y una lapicera, un neurocientífico puede espiarnos la mente sin recurrir al tarot y sin entrar en trance frente a la borra del café.

Los datos así obtenidos se pueden complementar con medidas periféricas y conductuales. Estas últimas ponen el foco en el tiempo de reacción: miden cuántos milisegundos pasan desde la presentación de un estímulo (digamos, una secuencia de letras) hasta la respuesta de un sujeto (por ejemplo, presionar un botón para decidir si la secuencia de letras constituye una palabra). De este modo hemos aprendido muchísimo sobre la cronometría de la cognición. ¿Sabía que su cerebro procesa más rápido los rostros que las palabras, los números pequeños que los grandes y los sustantivos que los verbos?

Tal como veremos en el capítulo 3, las medidas conductuales también nos demostraron que el cerebro pone en marcha procesos inconscientes, autonómicos y automáticos.

directa sobre nuestra mente. Sin embargo, las neurociencias cognitivas están infinitamente agradecidas a las investigaciones con animales, ya que sin ellas no existirían.

Para explorarlos, también disponemos de medidas periféricas, basadas, por ejemplo, en mediciones de la dilatación de las pupilas, la sudoración o el ritmo cardiaco.

Tanto los tests neuropsicológicos como las medidas conductuales y las periféricas pueden emplearse en personas con cerebros sanos y en pacientes con lesiones cerebrales. En estos últimos, si observamos déficits en una determinada prueba, tendremos buenas razones para suponer que el proceso afectado se vincula con la región dañada. Ante lesiones en la llamada “área visual de las palabras” (región tétoro-occipital ventral izquierda), por ejemplo, surgirán dificultades marcadas en la habilidad de lectura sin que necesariamente haya déficits en la capacidad de escritura.

La gran ventaja de estos métodos es que son bastante simples de aplicar y no suponen grandes costos. Sin embargo, la evidencia que proveen puede ser bastante inespecífica, dado que en ellos intervienen muchísimos factores cognitivos, emocionales y motores en simultáneo. Así, es prácticamente imposible determinar qué papel cumplió cada uno en el desempeño de las personas evaluadas.

Cómo estudiar el motor de la mente metiendo mano debajo del capot

Una buena manera de descubrir cómo funciona algo consiste en desbarajustar alguna de sus partes para ver qué cambia y qué sigue igual. Las neurociencias aplican este principio, ya sea cortando conexiones neuronales, interrumpiendo procesos o hipertrofiando regiones relacionadas con dominios cognitivos específicos. Como a la mayoría de las personas no

les gusta que se les descuajeringue el marote, estas investigaciones suelen realizarse con animales cuyos cerebros son similares a los nuestros, de modo que podamos extrapolar las conclusiones y echar luz sobre la mente humana. Mucho de lo que sabemos sobre nuestro sistema visual surgió de gatos a los que se les lesionó la corteza occipital. Asimismo, el estudio de la memoria se nutrió de ratas ignotas en cuyos hipocampos se implantaron electrodos para averiguar cómo construyen mapas del entorno en que se mueven.

Las técnicas invasivas casi no se aplican en humanos. Una de las pocas excepciones la constituyen los pacientes con epilepsia refractaria y monitoreo intracraneal. Para detectar en qué área se ubica el foco epiléptico y poder extirparla, se les abre el cráneo y se les insertan electrodos en el cerebro. De paso, cañazo: con los electrodos ahí adentro, se les pide que realicen diversas tareas cognitivas para explorar de modo directo su base cerebral. Mediante esta técnica, por ejemplo, el Dr. Parvizi demostró que el reconocimiento de rostros depende del giro fusiforme (al estimularse eléctricamente esta zona, los pacientes sienten que las caras de las personas a su alrededor se distorsionan). Sin embargo, la vasta mayoría de los estudios neurocientíficos en humanos emplean técnicas no invasivas.

Cómo estudiar el motor de la mente viendo debajo del capot, pero sin tocar nada

¿Cuánto?

Los métodos estructurales permiten establecer correlaciones entre la cantidad de sustancia gris o sustancia blanca y

cualquier proceso cognitivo. Para calcular el volumen de una región cerebral, se obtiene una neuroimagen (por ejemplo, mediante resonancia magnética nuclear) y se la divide en pequeños cuadritos llamados “vóxeles”. Después de varios procedimientos de “limpieza”, se correlaciona la proporción de vóxeles de una persona o un grupo con su desempeño en determinada tarea. Así, por ejemplo, se estableció que la corteza motora de la mano es más grande en los músicos profesionales que en las personas que no tocan ningún instrumento. Estos métodos también se utilizan para estudiar cerebros lesionados. Podemos medir el volumen y la localización de las lesiones en muchos sujetos e identificar cuán crítica resulta una región de interés para el adecuado desempeño de tal proceso cognitivo.

La principal ventaja de los métodos estructurales es que permiten medir cambios cerebrales inducidos por el entrenamiento o la enfermedad y establecer qué áreas se asocian con funciones cognitivas específicas. La gran desventaja es que con ellos no se estudia el cerebro en vivo y en directo, sino solo su huella estructural. En suma, los métodos estructurales vienen a confirmar lo que ya anticipaba el folclore de los baños de mujeres: el tamaño importa.

¿Dónde?

A diferencia de los métodos estructurales, los métodos funcionales brindan datos sobre la actividad cerebral subyacente a una tarea específica. Los más utilizados son la resonancia magnética nuclear funcional (RMNf) y la tomografía por emisión de positrones (TEP).

En un estudio de RMNf, se ubica al participante en un resonador y se le pide que realice una tarea determinada. Mientras más trabaja un grupo de neuronas, más sangre necesita y más oxígeno consume (por ende, la RMNf es un método hemodinámico). Este principio da lugar a diversos procesos cuyos correlatos magnéticos son captados por el resonador. Se puede entonces establecer qué parte del cerebro participa más críticamente del proceso en cuestión. Imaginemos que queremos determinar qué área cerebral se especializa en el reconocimiento de rostros. Para ello, en un diseño típico, presentamos imágenes de rostros e imágenes de objetos y registramos las áreas cerebrales que se activan ante cada imagen. Después, promediamos todas las activaciones de los rostros, por un lado, y todas las de los objetos, por el otro. Por último, aplicamos la técnica de sustracción: a la activación cerebral promedio de rostros le restamos la que corresponde a los objetos. La diferencia reflejaría, pues, procesos implicados específicamente en el reconocimiento de rostros (veríamos un patrón de lucecitas encendidas en el giro fusiforme).

Por su parte, para un estudio de TEP se necesita un ciclotrón (una especie de acelerador de partículas). Aquí el principio básico es similar al de la RMNf: se detectan cambios en el consumo de oxígeno, pero a través de la detección de una sustancia radioactiva que, una vez ingerida, traspasa la barrera hematoencefálica y puede ser detectada por el ciclotrón. Los isótopos radioactivos iluminarán la zona cerebral que consuma más oxígeno, dejando un rastro de su recorrido. Así podemos determinar qué área cerebral se especializa en una función determinada. Además, con diferentes isótopos, podemos identificar la actividad específica

de ciertos químicos (por ejemplo, los efectos distintivos de la serotonina y la dopamina, neuroquímicos que, entre otras cosas, regulan nuestro estado de ánimo y nuestra sensación de placer).

La principal ventaja de estas técnicas es que permiten iluminar con mucha precisión qué áreas se activan durante una tarea particular. Sin embargo, ambas carecen de buena resolución temporal. Un resonador tarda al menos unos segundos en captar cambios en el consumo de oxígeno. Puede parecer poco, pero es una eternidad si consideramos la velocidad a la que opera el cerebro. En el caso del TEP, solo disponemos de una ventana breve (típicamente, alrededor de treinta segundos) para ver qué está haciendo el cerebro antes de que la actividad radioactiva se esfume. Por ello, las neuroimágenes evocan el título de aquel gran disco de Shawn Lane y Jonas Hellborg: *Time Is the Enemy*.

¿Cuándo?

A diferencia de las neuroimágenes, los métodos electromagnéticos nos ofrecen datos muy precisos sobre la dinámica temporal de la actividad cerebral. La electroencefalografía de alta densidad (EEG-ad) sirve para medir la actividad eléctrica de la comunicación entre neuronas mediante múltiples electrodos ubicados sobre el cuero cabelludo. Estos registran la actividad conjunta de miles de neuronas que se disparan sincrónicamente en la corteza. Es como si colocáramos un micrófono en un estadio de fútbol. Podremos captar el grito masivo y coordinado de una hinchada cuando su equipo mete un gol, pero no discerniremos las conversacio-

nes individuales en las tribunas, ni podremos identificar qué espectador (qué neurona) estaba cantando el gol y cuál no. Además, ante el estruendo mancomunado que genera ese evento, el resto del cuchicheo se diluye como ruido aleatorio en el fondo. Lo que nos queda es una medida “gruesa” de la actividad masiva de incontables células cerebrales.

La técnica asociada de potenciales evocados [*event-related potential*, ERP] nos indica cuánto tarda el cerebro en ejecutar determinado proceso cognitivo, en el orden de unos pocos milisegundos. Para ello, se presentan estímulos de diverso tipo (visuales o auditivos) y se miden las respuestas corticales en distintas ventanas de tiempo durante una tarea particular (ver los estímulos, asociarlos, elegirlos). Con la técnica de magnetoencefalografía (MEG) se miden aspectos similares, pero se añade una buena resolución espacial. Entonces, ¿por qué habríamos de emplear las técnicas de EEG-ad y ERP? Entre otras cosas, porque la MEG es escandalosamente más cara.

Mencionaremos, por último, la estimulación magnética transcraneal (EMT), técnica que implica la proyección de un campo magnético sobre una región cerebral mediante una especie de secador de pelo futurista, llamado “coil”. Este método permite estimular o inhibir (algo así como “prender y apagar”) un área cerebral. Por ejemplo, se pueden “apagar” las áreas asociadas al cálculo en el cerebro de un matemático y hacerlo sudar la gota gorda ante ecuaciones muy sencillas. También podemos usar la EMT para promover la recuperación de un área o mejorar el rendimiento en tal o cual dominio cognitivo.

En suma, los métodos electromagnéticos nos brindan excelente información sobre “los tiempos del cerebro”. Viene

al caso aclarar que las técnicas de EEG-ad y MEG pueden arrojar datos con cierta precisión espacial si se emplean determinados procedimientos matemáticos, pero tales estimaciones no serán necesariamente correctas. Por ende, conviene reservar estas técnicas para responder preguntas del tipo “cuándo” antes que del tipo “dónde”.

LA PARADOJA DEL NARCISISMO NEURAL

Las tecnologías de investigación se refinan constantemente. Los resonadores poseen cada vez mejor resolución espacial, los EEG-ad son cada vez más precisos, la neurobiología desarrolla técnicas cada vez más sofisticadas... Ya sea mediante neuroimágenes o métodos electromagnéticos, el neurocientífico accede a las respuestas cerebrales asociadas a cierto evento (la percepción de un estímulo, una tarea lingüística, una acción motora); pero detrás de esa melodía que generamos deliberadamente, hay un concierto de procesos que resuena de modo organizado.

También es posible estudiar esa actividad más global, observando, por ejemplo, cómo se acoplan o desacoplan múltiples regiones neurales cuando hacemos algo, o incluso cuando no hacemos nada. En cierto modo, el estudio de la organización de las redes cerebrales se erige sobre los mismos principios aplicados en el estudio del tránsito, la navegación de páginas web y la dinámica meteorológica: miramos la sinergia de miles de unidades individuales que trabajan en conjunto. Dicho enfoque complementa la perspectiva más local y aislacionista que subyace a la mayoría de los estudios del campo.

Hoy el narcisismo neural está en su apogeo. Nunca antes dispusimos de tantas herramientas para que el cerebro humano se regocije en la contemplación de sí mismo. Con todo, debemos advertir una paradoja esencial. Mario Puzo sugirió que si el cerebro fuera un órgano sencillo de comprender, nuestras mentes serían demasiado estrechas para comprenderlo. Por suerte, la mente humana no es para nada estrecha, pero eso se debe a la tremenda complejidad del cerebro. Las neurociencias son, en este sentido, un perro que persigue su propia cola.

Dadas estas circularidades, es probable que nunca logremos entender el motor de la mente en su totalidad. Hay que aceptarlo: jamás tendremos una teoría perfecta de la neurocognición. Creemos, sin embargo, que la perfección está sobrevalorada. Lo verdaderamente asombroso es que, a pesar de nuestras limitaciones (cognitivas, tecnológicas, ¡humanas!), año tras año las neurociencias contribuyen de modo más concreto y significativo a la vida social. En los próximos capítulos recorreremos algunos de los principales aportes del campo y conoceremos las nuevas líneas de investigación que signarán el futuro (imperfecto pero infinitamente valioso) de esta fascinante empresa narcisista.

La mente plástica

.....

Donde encontramos a Ramón y Cajal, quien, inmerso en la selva de neuronas que su propia pluma había trazado, supo preguntarse cómo es que esas estructuras aparentemente rígidas generan algo tan flexible como la mente humana

Diríase que el cerebro es una insaciable máquina de aprendizaje. Constantemente, incluso cuando no somos conscientes de ello, nuestras redes neuronales se modifican sobre la base de la información que proviene del entorno, de nuestras acciones, de nuestro interior. Esto es posible gracias a la neuroplasticidad, la capacidad del cerebro para reconfigurar su mapa de conexiones. Hoy, las neurociencias ofrecen una respuesta al interrogante de Ramón y Cajal. Para conocerla, le proponemos un nuevo ejercicio paradójico: usar su cerebro para aprender cómo aprende su cerebro.

HÁGASE EL CEREBRO

La creación del sistema nervioso, o morfogénesis, es un maravilloso proceso de cambios y ajustes constantes, comparable a la inyección del universo tal cual la imaginan los físicos. Así como este último fenómeno depende crítica-

mente de la variable tiempo, el que nos ocupa está guiado por una proteína llamada “factor neurotrófico”. Antes y después del nacimiento, dicha proteína es la promotora del crecimiento, la diferenciación y la supervivencia de las células cerebrales: las neuronas y las glías.

Vayamos en orden. Una estructura llamada “neuroepitelio” comprende las células madre del sistema nervioso. De ellas surgen las células progenitoras, que a su vez dan lugar a neuronas inmaduras y glioblastos (células que, a diferencia de las neuronas, conservan su capacidad de dividirse y proliferar toda la vida). Durante la cuarta semana de gestación, esta primavera celular da origen a las neuronas y a las glías (encargadas, entre otras cosas, de mantener a las neuronas vivitas y coleando).

Como se cuenta en un libro muy famoso, a la génesis sobreviene el éxodo. Luego de la proliferación celular comienza la migración, un largo viaje que las neuronas emprenden a caballo de las llamadas “glías radiales” hasta encontrar su ubicación definitiva. Muchas de estas neuronas viajeras perecerán antes de llegar a destino. Las que sobrevivan adquirirán propiedades específicas, mediante un proceso llamado “diferenciación celular”. Entre ellas se establecerán múltiples sinapsis, es decir, conexiones nerviosas que posibilitan la comunicación interneuronal.

Así, en estado prenatal, nuestro cerebro atraviesa un proceso de desarrollo que determina con qué naipes genéticos jugaremos el juego de la vida. Esto no significa que nuestro existir esté absolutamente determinado por la genética. Como bien sabe cualquier entusiasta del truco, las cartas que nos tocan restringen nuestro abanico de posibilidades, pero amparan un montón de maniobras cuyo desenlace

depende tanto de nosotros como de las condiciones que aparecen conforme avanza la mano.

A partir del nacimiento y, sobre todo, durante el primer año de vida, se suceden múltiples ajustes a la medida de la mesa de cada jugador. La experiencia individual redefine el mapa de conexiones neurales mediante la forma más básica de neuroplasticidad. En el contexto de nuestro desarrollo, nos exponemos solo a determinados estímulos y emprendemos solo determinadas acciones. Por ende, hay múltiples estímulos que jamás percibimos y acciones que nunca realizamos. Ante este panorama, el cerebro es escenario de un holocausto eficientista: neurona que no labura muere (Gerald Edelman lo llama “darwinismo neuronal”). A su vez, las conexiones que sí trabajan se ajustarán y reajustarán bajo el régimen de la experiencia individual. Un niño expuesto a los sonidos del español fortalecerá las conexiones encargadas de procesar dicha información, pero estas diferirán de las que se fortalecen en el cerebro de un niño que vive en China. Este prodigio de diferenciación neuronal guiada por la experiencia hace que ningún cerebro sea idéntico a otro. En las primeras etapas de nuestro existir, somos agentes desprevenidos del mayor proceso de plasticidad cerebral gatillada por la experiencia.

Ojo: en esto de ver qué hacemos con las cartas que nos deparó la baraja, no todo puede hacerse en cualquier momento. Existen periodos sensibles para que alcancemos determinados logros (a los neuromitólogos les gusta llamarlos “periodos críticos”). Se trata de ventanas óptimas de tiempo en las cuales el cerebro presenta máxima plasticidad para desarrollar ciertas capacidades. Tomemos por caso las habilidades de pronunciación. Usted, como hablante

nativo de español, desde muy corta edad maneja a la perfección todos los gestos articulatorios necesarios para producir sonidos de dicha lengua. Ahora, si de joven o adulto ha tomado clases de inglés, es posible que durante los primeros meses (¡cuanto menos!) pronunciara *water* como “guoter”, *school* como “escul”, y la lista sigue. Incluso después de varios años probablemente no logre pronunciar esas palabras como los angloparlantes. Ya lo corroboró Carlitos Tévez: “Is beri difícil”.

Sucede que nuestra capacidad para reconocer y producir contrastes fonológicos de modo automático comienza a decaer a partir de los dos años y se torna muy pobre a partir de los cinco. Conforme transitamos ese periodo, los circuitos neurales involucrados se tornan cada vez menos plásticos y mielinizados (la mielina es un aislante que “agiliza” la transmisión de información entre las neuronas). A su vez, en esa etapa aumentan los niveles de estrógeno, sustancia que tiende a inhibir los circuitos en cuestión. Sin embargo, otros dominios lingüísticos pueden consolidarse dentro de ventanas temporales más amplias (como sucede con la gramática) o de modo sostenido a lo largo de la vida (tal es el caso del vocabulario).

Este fenómeno de la pronunciación ilustra un principio que rige múltiples dominios cognitivos. Nuestra dotación neuronal atraviesa periodos definidos en los que se optimizan las chances de alcanzar ciertos objetivos. Pongámoslo en términos de la metáfora truquera. Ya sea que nuestras cartas sumen 6 o 33, si no cantamos “envido” en la primera mano, no podremos hacerlo más adelante.

ADENTRO ES TODO PLÁSTICO

El cerebro cuenta con varios mecanismos que sustentan su voraz apetito de aprender. Conozcamos los principales.

Más neuronas, más sinapsis

Durante algún tiempo se creyó que, para incorporar nueva información, el cerebro adulto forzosamente debía generar nuevas neuronas (dicho proceso se denomina “neurogénesis”). Luego, por una malinterpretación de un texto de Ramón y Cajal, se instaló la idea de que la neurogénesis era absolutamente imposible. Hoy sabemos que ambas posturas son incorrectas.

Varios estudios demostraron que el accionar de las células madre y progenitoras neurales promueve la neurogénesis en ciertas regiones, como el hipocampo y el estriado. La primera observación del fenómeno se dio en el cerebro del lagarto y luego en el de la rata, mediante un marcador que permite identificar neuronas nuevas. En las aves, la neurogénesis parece ocurrir en áreas más extendidas. Cabe aclarar que el surgimiento *de novo* de neuronas no equivale a la regeneración o recuperación de neuronas dañadas, procesos jamás observados en el cerebro de los mamíferos.

Sin embargo, tales hallazgos no son del todo claros ni resultan necesariamente extrapolables al ser humano. Se ha sugerido que nuestro cerebro pondría en marcha procesos de neurogénesis ante la realización sostenida de tareas que nos sacan de nuestras zonas de confort, como escribir con la mano no dominante, correr con los ojos cerrados o estudiar

lenguas extranjeras. La neurogénesis es una posibilidad concreta para el aprendizaje humano, pero dista de ser el principal mecanismo de plasticidad. De hecho, podría ser una opción poco eficiente. Es mucho más costoso generar nuevas neuronas que reconfigurar las conexiones entre neuronas existentes. Digámoslo así: tengo un iPod por un lado y dos parlantes por el otro; quiero musicalizar mi cumpleaños; ¿para qué voy a comprar un minicomponente si soluciono todo con un mero cablecito?

La aparición de nuevos cablecitos en el cerebro se denomina “sinaptogénesis”. Una neurona puede generar brotes adicionales en sus terminales axónicos, es decir, las vías de emisión de señales hacia otras neuronas. Del mismo modo, puede incrementar su número de receptores dendríticos, o sea, las vías de llegada. Así, el cerebro puede procesar nuevos patrones de información aumentando las conexiones entre células existentes. La práctica sostenida de una actividad promueve tales procesos, mientras que algunas patologías desencadenan fenómenos opuestos. En casos de lesión cerebral o enfermedad neurodegenerativa, la necrosis neuronal (muerte de neuronas) produce la pérdida de determinados conocimientos o habilidades. Por ejemplo, cuando se corta un axón, las neuronas que se vinculaban mediante él se pueden atrofiar. Si esto sucede de modo generalizado en tal o cual región cerebral, surgirán trastornos cognitivos o conductuales específicos.

Ajustes de fuerza

La neurogénesis y la sinaptogénesis suponen modificaciones estructurales. Sin embargo, para satisfacer sus ansias

de aprendizaje, el cerebro prefiere mecanismos de otra índole. La forma más básica de plasticidad consiste en ajustar la fuerza de las conexiones entre neuronas. Esto ocurre mediante dos procesos, llamados “potenciación” y “depresión a largo plazo” (respectivamente, PLP y DLP).

La PLP consiste en la intensificación de las conexiones entre neuronas que se activan sincrónicamente. A mediados de los años setenta, Terje Lømo demostró este mecanismo mediante la estimulación eléctrica de neuronas en el hipocampo. Lo mismo les pasa a dos jóvenes enamorados: cuantas más cosas hacen juntos, más fuerte es el lazo que los une. Ahora, para disfrutar de cosas nuevas, estos amantes dejan de hacer otras cosas: descuidan a sus amigos, ya no llaman a sus viejos... Cuando dos neuronas dejan de coactivarse, sus vínculos se debilitan. Esto se denomina “DLP”.

En el nivel molecular, los mecanismos de PLP y DLP dependen de dos “puertitas” en la neurona receptora, que permiten el ingreso de mensajes provenientes de otras neuronas. Se las conoce como “receptores AMPA” y “receptores NMDA”. Cuando las neuronas se encienden o se apagan en simultáneo durante determinado proceso cognitivo, estas puertas se abren y se cierran para que se consolide o se debilita la información. Por ejemplo, el bloqueo del receptor NMDA impide que lo que aprendemos se asiente en la memoria. Richard Morris lo demostró con un ingenioso experimento. Construyó un laberinto en una pileta, la llenó de agua y sumergió varias ratas para que encontraran una pequeña isla. Cuantas más veces recorre el laberinto, una rata normal alcanza la isla de modo más directo, dado que va aprendiendo (recordando) su ubicación. En cambio, si se le bloquean las compuertas NMDA de las neuronas hipo-

campales, navegará el laberinto una y otra vez como si fuera el primer recorrido. Esto significa que no logra aprender ni recordar dónde está la isla. Algo parecido sucede en la película *Como si fuera la primera vez*, con la diferencia de que el nado de un roedor puede resultar entretenido.

Los mecanismos de PLP y DLP son mucho más complejos que lo que esta síntesis sugiere. Ambos suponen un ida y vuelta de más de cincuenta neurotransmisores, síntesis de proteínas y cambios genéticos dentro de las neuronas, que a su vez pueden gatillar modificaciones a largo plazo. Sorprendentemente, funcionan de forma similar en organismos muy diferentes, desde moluscos con neuronas grandes (como la *Aplysia*) hasta mamíferos con neuronas pequeñas (como el ser humano). Por lo tanto, la PLP y la DLP constituyen la base biológica universal del aprendizaje y la memoria.

Reunidos en asamblea

Los principios anteriores, que operan entre pares de neuronas individuales, también rigen la comunicación entre dos o más conjuntos de neuronas. Cuando estas asambleas con miles de células se coactivan repetidas veces ante la práctica sostenida de una actividad (como estudiar piano o jugar al tenis), sus conexiones se refuerzan mutuamente. A su vez, las asambleas que no se coactivan tenderán a debilitar sus conexiones recíprocas. Este proceso se denomina “aprendizaje hebbiano”, en honor a su descubridor, Donald Hebb. Bien podemos concebirlo como la versión “macro” de la PLP y la DLP.

Al desentrañar la interacción de estos mecanismos micro y macro, las neurociencias nos permiten inferir qué sucedió en el cerebro de Zorba el griego cuando decidió cortarse un dedo para trabajar más cómodamente de alfarero. Cada dedo es controlado por una asamblea neuronal en la corteza motora, la cual, en su conjunto, conforma un mapa del movimiento de nuestro cuerpo. Acometida la mutilación, la asamblea correspondiente en la corteza de Zorba se quedó sin dedo al que mandar. La falta de estimulación hizo que el mapa del dedo se desvaneciera gradualmente. ¿Y qué sucedió con esas pobres neuronas desamparadas? Fueron reclutadas por las asambleas encargadas de los dedos vecinos. Así, el mapa mental de la mano del excéntrico griego cambió en virtud de su experiencia individual. Esto, por supuesto, no lo podríamos saber simplemente leyendo la novela de Nikos Kazantzakis. Para ello, hubo que consultar las publicaciones de Vilayanur Ramachandran y Michael Merzenich, quienes estudiaron los ajustes que realiza el cerebro de los monos cuando se les cortan los dedos (por las dudas, si conoce a estos investigadores en persona, procure no darles la mano).

Sin embargo, como bien supo la Duquesa de Alba, no todo proceso plástico tiene resultados positivos. Podría pensarse que tener más y más conexiones siempre es algo deseable. No es así. Ya vimos que el correcto desarrollo prenatal del cerebro requiere de un holocausto eficientista. Además, el exceso de conexiones frontales, por ejemplo, puede dar lugar a patologías severas, como ciertas formas de autismo. Asimismo, la plasticidad es un elemento clave en las dificultades cognitivas que entrañan el envejecimiento, las lesiones cerebrales y las enfermedades neurodegenerativas.

rativas. La privación social y afectiva también evidencia la cara más nefasta del fenómeno. El Proyecto de Intervención Temprana de Bucarest demostró que los niños abandonados cerca del nacimiento y criados en patronatos de dicha ciudad rumana, sin una adecuada vinculación psicosocial, presentan limitaciones intelectuales, emocionales y lingüísticas. El cruel cuchillo que guía estas penurias y el meticuloso bisturí de la neuroplasticidad en el aprendizaje normal responden a mecanismos similares.

Aprender, esa plástica obstinación del cerebro

En suma, la plasticidad cerebral es el conjunto de mecanismos de generación y ajuste neuronal que atravesamos durante el desarrollo e individualizamos en virtud de la experiencia. Estos cambios se dan a nivel estructural (mediante neurogénesis o sinaptogénesis) y mediante adaptaciones funcionales que pueden generar modificaciones estructurales, ya sea en el nivel micro (PLP, DLP) o en el nivel macro (aprendizaje hebbiano). Establecidas las bases biológicas del aprendizaje, conozcamos cómo se comporta la mente al someterla a formas de entrenamiento puntuales.

ENTRENAR LA MENTE

En la filosofía de Homero Simpson, intentar es el primer paso hacia el fracaso. Seguramente hay ámbitos de la vida en que todos encarnamos esta máxima. Sin embargo, hay quienes intentan, e intentan de nuevo, y siguen intentando... y a

la larga la terminan teniendo muy clara. Las investigaciones sobre personas expertas (en particular, músicos y deportistas) han mostrado que las áreas cerebrales asociadas al entrenamiento aumentan su tamaño. Por ejemplo, los escaladores avezados desarrollan una coordinación visomotora superior, acompañada de un incremento del volumen del vermis, estructura asociada a dicha habilidad. La experticia también puede provocar la reorganización funcional de las áreas implicadas, con consecuencias cognitivas que van más allá de la actividad que se practica. Como veremos a continuación, la mente del tipo baquiano presenta características especiales.

El cerebro tachero: un órgano bien ubicado

Algunas aves, como el carbonero cabecinegro de Alaska, se enfrentan a condiciones climáticas desfavorables que disminuyen la disponibilidad de alimentos y dificultan su obtención. Para sobrevivir, estas especies necesitan recordar la ubicación de múltiples lugares donde pueden hallar comida. Hace ya varios años, se descubrió que el cerebro de dichas aves presenta mayor volumen en el hipocampo, una de las regiones claves para la memoria espacial. Además, en ciertos momentos de la vida, las aves que acumulan alimentos presentan esa misma expansión hipocampal solo durante los meses en que más necesitan usar sus mapas mentales para alimentarse. Esto demuestra que el desarrollo de ciertas habilidades cognitivas va acompañado de ajustes en las áreas cerebrales pertinentes.

En la especie humana, si hay un grupo de personas con exigencias espaciales comparables, sin duda son los taxistas.

Durante años, Eleanor Maguire ha estudiado el cerebro de los tacheros de Londres, ciudad con un diseño tan complicado que, a su lado, el laberinto de Reignac-sur-Indre parece un juego de niños –después de todo, en este último nos basta con avanzar pegados a la pared derecha para llegar a destino–. Su principal hallazgo fue que a mayor experiencia en la profesión (medida en horas de manejo), mayor es el tamaño del hipocampo posterior.¹

Sin embargo, Maguire también halló que la parte anterior del hipocampo era más pequeña en los taxistas expertos que en los participantes control. Para complicar más la cuestión, hace unos años se documentó el caso de un taxista londinense que, a pesar de presentar daño extenso del hipocampo en ambos hemisferios, preservaba su memoria espacial en un alto nivel. Estos resultados no invalidan la conclusión primera de Maguire. Lo que sugieren es que nuestro cerebro puede valerse de otras regiones para construir mapas espaciales.

Dichos estudios acrecentaron el interés por los vínculos entre navegación espacial y plasticidad cerebral. El capítulo más reciente en esta historia se escribió en 2014, cuando John O’Keefe, May-Britt Moser y Edvard Moser se adjudicaron el Nobel por identificar las células cerebrales que sustentan nuestro “GPS interno”. Por supuesto, los verdaderos protagonistas ignoran las minucias del hallazgo. En una

entrevista concedida a la cadena BBC News, el taxista David Cohen declaró: “Nunca noté que me creciera nada; te deja pensando qué pasará con el resto del cerebro”.

Combo porteño: el efecto Tortoni y el cerebro tanguero

¿Y por casa cómo andamos? Los presentes autores alguna vez se plantearon replicar en Buenos Aires los estudios anteriores, pero pronto abandonaron la iniciativa. Sería muy difícil estudiar las bases neurales de todas las áreas en que nuestros tacheros demuestran ser expertos: política, fútbol, recetas de chucrut, bádminton, jardinería nipona, sexualidad de los pejerreyes... Sin embargo, nuestro laboratorio sí investigó la mente de dos grupos distintivamente porteños: los mozos y los bailarines de tango expertos.

Inspirados por novedosos hallazgos sobre la memoria espacial, Facundo Manes, Tristán Bekinschtein e investigadores de nuestro equipo se preguntaron cómo es que los mozos argentinos logran recordar pedidos largos y detallados sin tomar notas. Para ello, se pasaron varias semanas recorriendo cafés porteños y encargando comidas y bebidas (a veces la ciencia requiere de estos sacrificios). La clave del experimento estaba en que, luego de efectuar el pedido, los comensales se cambiaban de lugar en la mesa. Luego tomaban nota de la efectividad de los mozos al entregar los pedidos de cada uno. Descubrieron que los mozos expertos no memorizaban únicamente el rostro del comensal o su ubicación en la mesa. Su altísima eficacia al entregar los pedidos surgía de la aplicación conjunta de ambas estrategias. Esta maniobra mental de los mozos

.....
1. La resolución de la RMN, técnica de neuroimagen empleada en el primer estudio, no permite establecer si el crecimiento hipocampal se debe a la aparición de nuevas neuronas, el surgimiento de nuevas sinapsis, o algún otro mecanismo de reorganización neuronal. Sin embargo, muchas investigaciones posteriores malinterpretaron los resultados como evidencia de neurogénesis en humanos.

expertos se denomina “efecto Tortoní”, en homenaje al mítico café de Avenida de Mayo.

Más recientemente, nuestro equipo dio un paso más allá en esta apología neurocientífica de la argentinidad. En Buenos Aires, como en ningún otro lugar del mundo, contamos con bailarines de tango que representan la élite de la profesión. Nos propusimos examinar el cerebro de estos tangueros hiperentrenados para conocer el impacto de la plasticidad y la experiencia en la actividad cognitiva. Tres grupos de bailarines con distinto nivel de experticia (novatos, principiantes y expertos) observaron videos de otros bailarines que realizaban pasos de tango. Mientras tanto, medimos sus respuestas oculares, conductuales y cerebrales. En algunos casos, los pasos se ejecutaban correctamente; en otros casos, alguno metía la pata.

Hubo tres hallazgos principales. Primero, el cerebro de los expertos (y solo el de los expertos) descubre los errores antes de que ocurran. Más precisamente, la actividad de sus áreas frontales, motoras y visuales detecta un error antes de que los bailarines ejecuten el paso final y antes de que ellos mismos presionen un botón para indicar el pifíe. Segundo, la actividad frontotemporal en los expertos, a diferencia de los otros grupos, procesa los pasos de baile de un modo que se asemeja al procesamiento del lenguaje. Ante pasos erróneos, sus señales neurofisiológicas se modulan de manera similar que ante incongruencias semánticas. Por último, basta con considerar la actividad frontotemporal para distinguir si un participante es experto, principiante o novato. En definitiva, este estudio demostró que el entrenamiento constante aumenta la capacidad predictiva del cerebro (mediante la anticipación contextual basada en la experiencia) y la forma

de procesar el significado de las acciones. Un corte, una quebrada y ya seguimos con *Qué son las neurociencias*.

Dos lenguas en un cerebro

Salvo contadas excepciones, todas las personas del mundo manejan a la perfección una lengua materna. En cambio, solo la mitad puede desempeñarse eficientemente en un idioma extranjero. A estos individuos bilingües se les presenta un desafío cognitivo que los monolingües jamás enfrentan: al momento de producir enunciados en una de sus lenguas tienen que “apagar” la otra para que no interfiera en la comunicación. El control de la inhibición y la activación de las lenguas depende de un conjunto de habilidades cognitivas llamadas “funciones ejecutivas” (a ellas nos referiremos en el capítulo 3). La práctica sostenida de un idioma extranjero aumenta la eficiencia de alguna de estas funciones.

Una buena medida del control ejecutivo es el test de Stroop. Tal vez se haya topado con él mientras navegaba por Internet. Se presentan nombres de colores escritos con letras de distintos colores y uno debe pronunciar lo más rápido posible ya sea la palabra o el nombre del color. En los casos congruentes, la palabra coincide con el color de sus letras (la palabra “rojo” escrita en rojo); en los casos discrepantes, no hay coincidencia (la palabra “rojo” escrita en azul). Las bilingües, más allá de su edad, son más precisos y rápidos que sus contrapartes monolingües al enfrentarse a estímulos discrepantes. Esto significa que han desarrollado una mayor capacidad para inhibir la información irrele-

vante (inténtelo en casa y verá cómo la información léxica se entromete al momento de nombrar el color y viceversa).

Tales ventajas de control ejecutivo no solo traen beneficios para resolver jueguitos en línea. A la larga, la ejercitación del control ejecutivo contribuye a la reserva cognitiva, nuestra capacidad para mantener el desempeño mental a lo largo de la vida. Por ejemplo, se ha demostrado que los primeros síntomas de demencia aparecen unos tres o cuatro años más tarde en pacientes bilingües que en sus pares monolingües. Tales diferencias van acompañadas de cambios en los patrones de activación de los lóbulos frontales, encargados de las funciones ejecutivas.

Sin embargo, no todo lo que brilla es oro. El bilingüismo supone desventajas en el dominio del vocabulario. En comparación con monolingües del mismo rango etario, los bilingües de cualquier edad manejan menos palabras en cada una de sus lenguas y demuestran más estados de “en la punta de la lengua”, esa frustrante sensación de que sabemos qué palabra queremos decir pero no logramos dar con ella. Y lo peor de todo: hablar dos, tres o más lenguas no garantiza que tengamos algo interesante que decir en ninguna de ellas. En definitiva, para bien y para mal, el aprendizaje y uso continuo de un idioma extranjero hace que nuestros cerebros ya no sean los mismos.

NEUROCIENCIAS, EDUCACIÓN Y TECNOLOGÍA: ¿CÓMO GUIAMOS EL APRENDIZAJE?

Aprender es algo que todo cerebro hace naturalmente. Sin embargo, la especie humana desarrolló un conjunto de

acciones formales y controladas para guiar dicho proceso. Nos referimos a la educación escolar. Esta práctica supone años de intervención diaria en los cerebros de miles de millones de individuos. Por eso, es indispensable propiciar el acercamiento entre la escuela y las neurociencias.

Algunos hallazgos generales de nuestra disciplina tienen implicancias directas para la planificación escolar. Por ejemplo, sabemos que el aprendizaje se consolida durante el sueño. Acaso sea tiempo de replantear si el horario matutino de comienzo de clases no debería atrasarse un poco. Además, varios lineamientos fosilizados en los diseños curriculares deberían modificarse a la luz de lo que sabemos sobre los periodos sensibles de plasticidad cerebral.

Que no se nos malinterprete; la idea no es que las neurociencias sustituyan a las ciencias de la educación, pues no podrían hacerlo. Lo que necesitamos es que docentes, políticos y científicos elaboren propuestas conjuntas para guiar el aprendizaje (¡y que empiecen a estudiarlo mejor juntos!). Ya hay avances en este sentido. Poco a poco proliferan las sociedades de neuroeducación, las revistas especializadas y las iniciativas de investigación aplicada (como el proyecto Brain and Learning, de la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos).

En esta interacción, no podemos obviar el signo de nuestros tiempos: la irrupción masiva y ubicua de las tecnologías digitales. En 1991, el padre de la computación, Mark Weiser, afirmó que las tecnologías más profundas son aquellas que se entrelazan en el tramado de lo cotidiano hasta tornarse invisibles. Nuestra mente y nuestro accionar se extienden conforme asimilamos estas invenciones. Ya no es indispensable acumular toneladas de conocimiento enciclopédico. En

el siglo XXI, el verdadero capital radica en saber cómo acceder a los datos necesarios, cómo gestionarlos, ordenarlos y aplicarlos. La información ya está ahí, siempre, al alcance de la mano. Somos testigos y protagonistas de una revolución que nos obliga a cuestionar lo que creemos saber sobre el aprendizaje. Dada la masificación de los GPS, ¿seguiremos encontrando taxistas con hipocampos expandidos? Con el acceso irrestricto a Internet, ¿tiene sentido que la mayoría de las evaluaciones escolares pongan el foco en la capacidad de memorizar datos? Ante estas nuevas realidades tecnoculturales, quienes orientan el desarrollo del cerebro del alumno deben asegurarse de no hacerlo con una brújula anacrónica.

Los alumnos del presente y del futuro son nativos digitales. Están rodeados de tecnologías informáticas desde el nacimiento, construyen buena parte de su mundo social mediante ellas y procesan información en consonancia con las posibilidades de los aparatos (por ejemplo, realizan múltiples tareas en simultáneo con dos o más dispositivos interconectados). No hay que estigmatizar el papel de dichas tecnologías en la educación. Por el contrario, hay que aprovecharlo, como ya se hace en diversas partes del mundo. ¿Qué mejor ejemplo de la democratización del aprendizaje que la llamada “Hour of Code”, un movimiento global que permite que decenas de millones de personas, durante una semana, reciban instrucción gratuita sobre programación?

La informática no solo sirve para enseñar, sino también para evaluar. Como alternativa a las insípidas pruebas de opción múltiple o de memorización, varias instituciones están incorporando tests de desempeño en entornos virtuales interactivos. En este sentido, aquello que imaginamos

como enemigo puede convertirse en nuestro mejor aliado. Tal cual se destacó en una edición especial de la revista *Science*, ninguna actividad suscita tanta dedicación, atención y motivación como los videojuegos. Dado que el aprendizaje se nutre de estos tres factores, tal vez haya que ponerle una ficha al Pac-Man en la carrera contra Petete.

Además, el avance tecnológico optimiza el papel de las neurociencias en esta empresa. Por ejemplo, con técnicas modernas de registro conductual y cerebral podemos detectar los patrones motores y neurológicos de los expertos en cierta disciplina (bailarines, futbolistas, cirujanos) para luego enseñar esos patrones a los neófitos. También podemos valernos de la evidencia neurocientífica para identificar qué conductas atentan contra el aprendizaje.

Andy Clark, un gran neurocientífico, ha propuesto que si nuestro cerebro tiene la plasticidad que creemos y si la tecnología sigue avanzando como hasta ahora, la mente se extenderá de forma insospechada (en el tiempo y el espacio, en su capacidad de almacenamiento y acción). De hecho, ya hay personas que se han implantado chips en el cerebro y otras partes del cuerpo para mejorar su desempeño en tareas cognitivas, acoplarse con robots y manipular dispositivos con la mente. ¿Quién lo diría? El *cyborg* que imaginaron Edward Neumeier y Michael Miner en *Robocop* acaso sea más plausible de lo que pensábamos en 1987, al estrenarse la película.

Muchas posibilidades, mucha vanguardia, pero ¿son todas buenas nuevas? El *multitasking* de la era digital supone la constante interrupción de la atención sostenida, un componente crucial para el aprendizaje consciente. Hay estudios que sugieren que la realización de varias tareas en

simultáneo es perjudicial para la consolidación del conocimiento. Asimismo, sabemos que el cerebro se beneficia de la interacción con el otro. El apego, por ejemplo, incide directamente sobre el aprendizaje. Irónicamente, las mismas tecnologías que nos acercan a un colega que vive en la otra punta del mundo nos alejan del amigo que vive a la vuelta de casa.² La tecnología, al permitirnos establecer relaciones sin contacto directo, ¿podría obstaculizar el aprendizaje? También debemos contemplar las consecuencias macrosociales. Presenciamos el surgimiento de un nuevo analfabetismo digital. Como si no hubiera ya suficientes brechas sociales, ahora también se discrimina entre los que pueden acceder al mundo informático y los que no.

Si hemos de ser honestos, en estas cuestiones es más lo que ignoramos que lo que sabemos. Los videojuegos pueden ser un valiosísimo vehículo de aprendizaje, pero no existe evidencia obtenida mediante estudios longitudinales robustos (digamos, con datos obtenidos a lo largo de diez años). Del mismo modo, las plataformas de *brain training* que proliferan en Internet prometen un desarrollo insospechado de nuestras capacidades cognitivas. Sin embargo, los estudios recientes sobre el tema arrojan conclusiones contradictorias y algunos muestran que el progreso alcanzado en estos programas difícilmente pueda generalizarse a otros dominios.

El punto es el siguiente: no sabemos bien cuál es el efecto real de la tecnología sobre la mente. Somos todos sujetos de

un gran experimento dinámico en el que no hay límites claros entre títere y titiritero. Para no terminar ahorcándonos con los hilos, es indispensable maximizar la sinergia entre la educación, la tecnología digital y las neurociencias.

PARA APRENDER CÓMO APRENDEMOS, APRENDAMOS DE LO QUE APRENDIMOS

Ha corrido mucha agua bajo el puente desde que Ramón y Cajal se planteara el interrogante con que abrimos este capítulo. Hoy sabemos mucho sobre las bases estructurales y funcionales de la neuroplasticidad. Día a día conocemos más sobre la forma en que nuestra mente incorpora y manipula la información del entorno. De a poco, este conocimiento cada vez más complejo va filtrándose hacia ámbitos de aplicación concretos.

Todo eso está muy bien, pero no obviemos las lecciones que nos legaron siglos y siglos de narcisismo neural. Como vimos en el capítulo 1, la hipótesis ventricular sobrevivió durante más de seiscientos años a pesar de estar totalmente equivocada. Nuestras teorías modernas oscilan entre los veinte y los sesenta años de existencia. ¿Cómo saber si no estamos generando neuromitos que nos lleven por caminos erróneos? Al vértigo del avance neurocientífico debemos añadirle una cuota de prudencia. Con el tiempo superaremos varias de las limitaciones metodológicas que signan el campo y arribaremos a conclusiones más acabadas. Por ahora, valga el aforismo del filósofo contemporáneo Reinaldo “Mostaza” Merlo: “Paso a paso”.

.....
2. Presto Vivace, banda insignia del metal progresivo argentino, lo advierte en el tema “La dictadura de las máquinas”: “Solitario no, solidario sí / Cambiá la ‘t’ por la ‘d’ / Renunciá a vivir en la sociedad del simulacro, / Donde nos vestimos de gestos / Pero nos vaciamos de actos”.

La mente informada

.....

Donde se narra cómo, luego de varias reencarnaciones que apelaron a fórmulas lógicas y abstractas, hoy el cognitivismo halla en las neurociencias el saco que mejor le calza

La película *Cloud Atlas*, basada en la novela homónima de David Mitchell, plasmó en la gran pantalla la idea de la transmigración. Cada actor principal encarna a diversas personas en distintas épocas. Por ejemplo, Hugo Weaving se nos presenta en 1849 como Haskell Moore, en 1936 como Tadeusz Kesselring, en 1973 como Bill Smoke, en 2012 como la enfermera Noakes, en 2144 como Boardman Mephi y en 2321 como Old Georgie. Los personajes son diferentes, al igual que los contextos en que aparecen; pero el alma que los subyace es la misma: un hilo oculto que persiste a través del tiempo.

El argumento sería perfectamente aplicable a la historia del cognitivismo, una corriente intelectual que hace siglos estudia cómo captamos, almacenamos y usamos información de diverso tipo. En distintos momentos de la historia, el alma cognitivista ha examinado dominios perceptivos, conductuales y racionales, como la visión, el movimiento, la atención y la memoria. La pregunta general siempre ha sido la misma: ¿cómo hace nuestra mente para mantenerse infor-

mada y guiar nuestras acciones? Luego de varias reencarnaciones que apelaron a fórmulas lógicas y abstractas, hoy el cognitivismo halla en las neurociencias el saco que mejor le calza.

RACIONALISMO DESCEREBRADO Y CEREBROS COMPUTARIZADOS

Las primeras encarnaciones del cognitivismo vinieron con facha racionalista. Por ejemplo, en el *Menón*, Platón se propuso indagar sobre lo mental mediante reglas formales que iluminaran nuestros “saberes innatos”. En el siglo XVII, el alma cognitivista halló cuerpo en Descartes y en Gottfried Leibniz, quienes coquetearon con la idea de comprender la mente y el mundo mediante un lenguaje matemático abstracto. Atestiguamos otra materialización en el *Leviatán*, de Thomas Hobbes, donde leemos que “razonar no es más que contar”. Con otro ropaje, esta idea resurgió a fines del siglo XIX, cuando Gottlob Frege intentó estudiar el lenguaje de la ciencia y la mente según las propiedades lógico-sintácticas del significado. Por supuesto, en todas estas empresas, del cerebro ni noticia.

Ya en el siglo XX, las manifestaciones del cognitivismo comenzaron a dar cabida a nuestro órgano favorito desde una óptica cibernética. En 1930, Alan Turing describió una máquina capaz de resolver cualquier cálculo imaginable con un sencillo código binario. En el Simposio de Hixon, celebrado en 1948, John von Neumann explicó cómo pensar el cerebro en términos de una computadora; Warren McCulloch razonó que las neuronas podían implementar opera-

ciones básicas de la lógica formal; Karl Lashley le dio rosca al estudio de los planes racionales en el sistema nervioso. La conclusión fue acaso inevitable. La cognición, ahora, tenía forma de CPU.

Con este nuevo envase, el cognitivismo dio por sentado que existía un estrecho vínculo entre la realidad, la lógica y los procesos racionales, y que podía caracterizarse mediante un lenguaje algorítmico y serial, como el que se usó para programar el Tetris o el Candy Crush. La mente era ahora una computadora que representaba con gran transparencia el mundo que nos rodea y lo interpretaba como secuencias de unos y ceros organizados por reglas lógicas. Así, los computacionalistas brindaron una base empírica para abordar problemas filosóficos de antaño (pulgar arriba para ellos). Sin embargo, al engendrar una mente “tipo robotito”, poca bolilla le dieron al cuerpo, las emociones, la interacción social, el contexto y la cultura (¡pulgar abajo!). Palabras más, palabras menos, esta es la esencia de la famosa revolución cognitiva.¹

1. En paralelo se dieron otros desarrollos teóricos. Por un lado, el conexionismo ofrece una alternativa a las concepciones seriales del computacionalismo. Su objetivo es explorar la organización y el funcionamiento de la mente mediante modelos que formalizan propiedades operativas de las neuronas y simulan su actividad orquestada en redes con varias capas. Entre sus principales exponentes se encuentran McCulloch y Walter Pitts, Frank Rosenblatt, Von Neumann, Turing, John Hopfield, Marvin Minsky y Seymour Papert, David Rumelhart, Terry Sejnowski, Jim Andersen y Jeffrey Elman. Por otro lado, desde los trabajos pioneros de Ashby, las llamadas “teorías dinámicas” sentaron las bases para el conocimiento topológico de la mente y el cerebro. Algunas tienen raíces físico-matemáticas (teoría de los sistemas dinámicos, teoría del caos, sinérgica); otras provienen de la biología (autómatas celulares, autopoiesis, teoría general de los sistemas, algunas ramas de la cibernética). Si bien no son iguales, todas caracterizan lo mental como procesos emergentes de una compleja dinámica temporal que opera en distintas dimensiones.

Las críticas pronto se hicieron oír. Las personas no somos robotitos y nuestro cerebro no funciona como un CPU.² Además, todos los fenómenos que el computacionalismo pasó por alto tienen un papel determinante en los procesos mentales. El alma cognitivista necesitaba transmigrar hacia una nueva figura, más carnal, más humana, más contextualizada. En una maniobra digna de *El héroe de las mil caras*, la mente regresó al punto de partida que intuyeron Imhotep y Heródoto: el cerebro, liso y llano (o, mejor dicho, rugoso y escarpado). Como ya imaginará, debemos este renacer a las neurociencias cognitivas.

CEREBRAL-MENTE

Para las neurociencias, la cognición humana es un conjunto de actividades cerebrales interrelacionadas, conscientes e inconscientes, que incluyen la percepción y la acción, la atención, la inteligencia, el aprendizaje y la memoria, las funciones ejecutivas, la resolución de problemas, la comprensión y el conocimiento, las emociones, la creatividad, la intuición, la introspección, la autoconciencia y, como aspectos más distintivos, el lenguaje y la cognición social. Un primer objetivo, pues, es estudiar las bases cerebrales de lo mental: cómo el murmullo incesante de millones de neuronas nos permite recordar un número de teléfono, concentrarnos durante un examen, reconocer un rostro en

.....
2. Terminator no entendería por qué nos reímos al leer un aviso clasificado que dice: "Eyaculador precoz busca mujer para... uh, ya fue".

el gentío, tararear melodías, leer este libro, enamorarnos. Ah, sí, la empresa es por demás ambiciosa. Menuda tarea la de revelar esa misteriosa ligazón que atraviesa moléculas y químicos, redes celulares y regiones neuroanatómicas, hasta llegar a nuestra conducta y pensamiento, todo enmarcado en un contexto sociocultural.

Obviaremos aquí la discusión de procesos socioafectivos; a ellos nos referiremos en el capítulo 4. Ahora, la división no es caprichosa. Nuestro objetivo es retratar la nueva forma que adquirió el cognitivismos. En el estudio de la mente informada, lo que interesa es entender cómo esta percibe estímulos, cuánto almacena, a qué velocidad procesa, de qué modo razona y, por supuesto, cuál es la base cerebral de semejante embrollo. En este sentido, las neurociencias no constituyen solo una teoría, sino un programa de investigación con herramientas para caracterizar diversos mecanismos internos. A modo ilustrativo, daremos un pantallazo de algunos hallazgos clave en seis áreas de estudio: la acción y la percepción, la memoria, la inteligencia, la atención, las funciones ejecutivas y la conciencia. Algunos de los muchos temas que omitimos, como la cognición social y el lenguaje, tendrán su espacio en los capítulos siguientes.

LA SERPIENTE QUE SE COME A SÍ MISMA

Allá lejos y hace tiempo, el cognitivismos nos hablaba de la acción y la percepción como procesos separados y apenas relacionados con lo mental. Se creía que los sistemas motores, aquellos que nos permiten flexionar la rodilla, sacar la lengua o descorchar una botella, constituían mecanismos

independientes que no se mosqueaban ante los estímulos que llegaban por los ojos, los oídos, la nariz o la piel. En 1954, Wilder Penfield demostró que el cerebro contiene un mapa motor para cada parte del cuerpo (una porción maneja la boca, otra el cuello, otra los brazos, y así). La acción, muchos pensaban, dependía exclusivamente de los circuitos que sustentan el movimiento voluntario (corteza motora, premotora y suplementaria), el aprendizaje de hábitos motores (ganglios basales) y la coordinación de los anteriores (cerebelo y tálamo). Por otro lado, la percepción se concebía como un proceso pasivo. Para comprender cómo funciona la vista, por ejemplo, bastaría con explicar de qué manera el cerebro convierte los haces de luz que llegan a la retina en señales electroquímicas. Sin embargo, las cosas no son tan sencillas. La acción y la percepción son dominios activos, interconectados e inextricables. Separarlos es tan difícil e inconducente como pararse frente a una serpiente que se engulle a sí misma y distinguir entre banquete y comensal.

La percepción implica complejísimos procesos que bien ameritan el rótulo de “cognitivos”. Imagínese sentado en una pizzería, con los dientes hincados en una porción de muzza a la piedra. Las múltiples señales sensoriales que llegan a través de los sentidos (la forma cuasitriangular, el crujido, el sabor, la textura) se encauzan hacia el tálamo, el primer peaje perceptivo. Desde allí avanzan hacia las cortezas sensoriales primarias, cada una de las cuales incluye un mapa neural de las estructuras corporales implicadas. En tan solo 100 milisegundos se produce una explosión de señales que se distribuyen en paralelo por múltiples vías (según el sentido, estas circularán más o menos rápido).

Luego, en las cortezas de asociación, se comienza a integrar la información de cada sentido y surge una síntesis perceptiva basada en la experiencia individual. Para ello, se congregan procesos *bottom-up* (como el cómputo de la intensidad y la novedad del estímulo) y *top-down* (esa impronta particular que aportan nuestras expectativas y conocimiento previo). He aquí una de las grandes hazañas del cerebro: al combinar la información sensorial nos hace percibir un todo organizado. Por eso, cuando asistimos a un concierto, vivenciamos una orquesta consustanciada con la sinfonía que ejecuta, en vez de un montón de manos que manipulan instrumentos mientras aparecen sonidos aislados de la nada.

Quienes estudian este fenómeno lo llaman *binding problem* (en criollo, el problema de la integración). Como propusieron Charles Singer y Wolf Gray, nos figuramos la realidad como una entidad integrada gracias a la actividad armoniosa de múltiples áreas cerebrales coordinadas temporalmente. Por eso el remedio antigripal no tiene el mismo sabor cuando nos tapamos la nariz. Por eso si escuchamos la sílaba /ba/ mientras vemos una boca que realiza los movimientos necesarios para pronunciar /ga/, lo que percibimos es la sílaba /da/ (dicho fenómeno, conocido como “efecto McGurk”, nos muestra que las neuronas visuales cooperan con las auditivas para generar la experiencia del sonido).

En cualquier actividad cotidiana, los mecanismos perceptivos se imbrican con procesos de acción mediante profusas conexiones. He ahí la clave del ciclo de percepción-acción, una forma pomposa de decir que el cerebro construye una relación íntima y activa entre lo que entra y lo que sale. Así lo comprobaron John Bargh y su equipo, de la Universidad

de Nueva York. En 1996, demostraron que si entablamos un diálogo luego de leer oraciones que connotan mala educación, tenderemos a interrumpir más a nuestro interlocutor. Su segundo hallazgo fue incluso más contundente. Cuando leemos oraciones que evocan estereotipos de la vejez, caminamos más lento de lo normal. Estas cosas ocurren porque el cerebro posee circuitos de acoplamiento automático y conexiones recurrentes entre las vías sensoriales, los sistemas conceptuales, el sistema ejecutivo (que veremos más abajo) y las regiones motoras.

Viene al caso referir aquel excepcional estudio que realizaron Richard Held y Alan Hein en 1958. Estos investigadores criaron gatos recién nacidos en mundos que solo tenían objetos horizontales o verticales. Luego de unos meses, dejaron a los mininos en libertad y observaron algo sorprendente: sus patrones de desplazamiento hacían caso omiso de los objetos ubicados en una posición opuesta a la de aquellos con que se criaron. Más tarde, Colin Blakemore y Graham Cooper demostraron que la corteza occipital de estos gatitos respondía solo a los objetos que conformaban su entorno temprano. Sus neuronas visuales solo percibían el mundo en que habían vivido y actuado. Así como existe el “si te he visto, no me acuerdo”, aquí tenemos un “si no te he visto, me muevo como si no estuvieras”.

Los ejemplos son interminables. Péguale una ojeada a su pareja cuando esté leyendo en silencio; es posible que la vea mover levemente los labios, de modo inconsciente, en una réplica motora de lo que percibe. Asimismo, si pudiera monitorearse el cerebro mientras tararea una melodía para sus adentros, observaría activaciones en los mismos circuitos que se disparan cuando la escucha en la radio (y en algu-

nos más). En suma, la percepción es un proceso constructivo que depende crucialmente de la acción y la experiencia. Gracias a una selva de conexiones frontales, parietales, temporales, basales y cerebelosas, poseemos un sistema sensoriomotor integrado que se interrelaciona con mecanismos cognitivos de alto nivel. Para el cerebro, prácticamente en cualquier actividad que emprendamos, hacer y percibir van de la mano.

LA OFICINA DE LOS RECUERDOS

¿Qué nos vienen con naves ultrasónicas, agujeros negros y burbujas *warp*, si hasta el más anticuado de los remeros puede viajar en el tiempo? Como señalaba Endel Tulving, ello es posible gracias a una facultad mental que llamamos “memoria”. En el capítulo 2 vimos que los recuerdos se consolidan mediante mecanismos proteicos y moleculares (por ejemplo, la PLP y la DLP). Aquí, en vez de adoptar una perspectiva microscópica, usaremos un *zoom* menos extremo y abordaremos la memoria en tanto conjunto de sistemas neurocognitivos.

Distintas estructuras cerebrales se encargan de procesos diferenciados en el andar de la memoria. *Adquirimos* nueva información al registrarla mediante áreas sensoriales. La *codificamos* cuando se transmite a porciones especializadas del cerebro, principalmente en áreas temporales. Con el uso sostenido la *consolidamos*: el hipocampo refuerza las asociaciones aprendidas y propicia su migración hacia áreas neocorticales. Luego la *almacenamos* en redes específicas. Finalmente, la *recuperamos* al evocarla o al ejecutar deter-

minada acción, en virtud de la activación de vastas redes distribuidas.

Ahora, venimos hablando de la memoria sin decir exactamente qué es. El problema es que no podemos definirla con precisión. En algún punto todos sabemos bien de qué se trata, pero cuando queremos describirla no nos queda otra que usar algún truquito metafórico o un símil. El rebusque favorito de los científicos, según el análisis de Henry Roediger, es caracterizarla como si fuera un lugar repleto de objetos.³ Aquí diremos que la memoria es como una oficina que contiene muchísimos documentos (retazos mnésicos) ubicados en distintos lugares. Algunos documentos contienen información visual; otros, información auditiva; otros, información textual... Recordar equivaldría a buscar y releer los documentos. Olvidar sería no poder hallarlos.

Cuando nos encontramos ante documentos nuevos, podemos escoger cómo tratarlos. Los de uso efímero se hacen un bollo y van a parar al basurero, pues contienen información descartable. En la biblioteca podemos guardar los más importantes y recuperarlos mucho tiempo después. En los anaqueles ponemos nuestro diario íntimo (cuyas anécdotas nos tienen como protagonistas) y páginas de

libros, enciclopedias y diarios (información a la que accedemos como espectadores distantes). En una cajonera de la biblioteca se guardan planos con secuencias de movimientos o rutinas cognitivas, que podemos ejecutar pero no describir (la técnica para andar en bicicleta o la formulita para hablar espontáneamente). Esa clasificación de los documentos alude a distintos mecanismos mentales, a saber: la memoria operativa, la episódica, la semántica y la implícita, respectivamente. Recorrámoslas una por una.

Documentos descartables

Hay información que necesitamos durante un ratito y después ya no nos sirve. Imagine que está haciendo *zapping* y de repente ve el número de teléfono de una fundación con la que querría contactarse. El número pronto desaparece y no hay ninguna lapicera a mano. Mientras la busca para anotarlo, lo va repitiendo internamente (¡y miércoles que cuesta mantenerlo ahí!). La función cognitiva que le permite hacerlo se llama “memoria operativa” o “memoria de corto plazo”. La necesitamos, también, cuando realizamos tareas que implican varios procesos simultáneos y coordinados, como mantener una conversación, andar en moto o sacar cuentas.

Según Alan Baddeley, este mecanismo constaría de tres componentes (el bucle fonológico, el cuaderno visoespacial y el ejecutivo central) que permiten mantener presentes varios ítems y combinarlos de forma ordenada durante una actividad motora o mental. El bucle fonológico mantiene viva la información verbal; gracias a él pudo ir diciéndose

.....

3. Las metáforas espaciales de la memoria nos acompañan desde Platón y Aristóteles. También abundan en el habla cotidiana: “voy a escharbar en mi memoria”, “quiero sepultar este recuerdo”, “tengo la cabeza llena de anécdotas”, etc. Por supuesto, hay concepciones alternativas. En 1929, Robert Woodworth la describía como un músculo que se fortalece con el entrenamiento. En 1963, mediante una metáfora musical, David Wechsler señaló que el cerebro no almacena recuerdos como objetos individuales, del mismo modo que un piano no almacena melodías enteras. En 1967, Ulrich Neisser la homologó con la arqueología, capaz de reconstruir entidades ya inexistentes a partir de unos pocos indicios vestigiales.

el número telefónico una y otra vez hasta encontrar la lapicera. El cuaderno visoespacial permite hacer lo propio, pero con información visual; si en vez de ir repitiendo el número lo fue visualizando en su mente, puso en marcha este sistema. Por último, el ejecutivo central coordina la actividad del bucle y el cuaderno gestionando la atención. Ninguno de estos componentes puede almacenar información de modo duradero. En el momento en que dejamos de cantarnos el número para nuestros adentros, chau: la información se perdió. Bollito y a la basura.

La memoria operativa depende críticamente de las áreas de asociación de la corteza prefrontal. El ejecutivo central, en particular, se asocia con el giro frontal inferior derecho. Este mecanismo es importante para ordenar temporalmente los recuerdos de la memoria de largo plazo y para integrar información de diversos sistemas cognitivos. Por ejemplo, para responderle a alguien que le muestra una foto de la Torre Eiffel y le pregunta “¿dónde queda esto?”, sus estructuras prefrontales deben integrar señales provenientes de áreas temporales. La vía ventral, o “vía del qué”, enviará información vinculada con la torre (la forma, el color, la altura). La vía dorsal, o “vía del dónde”, transmitirá señales asociadas al espacio (en este caso, el lugar, París). Ambos caminos convergen en las redes de la memoria operativa.

Como es de esperar, los pacientes con lesiones frontales a menudo manifiestan déficits para integrar información conceptual. Asimismo, les resulta muy difícil retener numeritos descartables. Por decirlo de algún modo, tiran el bollito a la basura antes de haberle pegado una buena leída. Esta observación clínica corrobora que la memoria operativa está, literalmente, al frente de nuestro cerebro.

La biblioteca

Recuerde su primer beso. Diga en qué año comenzó la Primera Guerra Mundial. Ahora persígnese. Esas tres tareas tan distintas ponen en juego distintos mecanismos de su memoria de largo plazo, la biblioteca donde archivamos experiencias, conocimientos y rutinas automáticas.⁴ Las experiencias y los conocimientos corresponden a la memoria episódica y a la memoria semántica, respectivamente. Juntas, conforman la memoria declarativa. Las rutinas automáticas se representan en la memoria implícita. Hurguemos un poco en la biblioteca de la memoria.

Los anaqueles

Habíamos dicho que en los anaqueles almacenamos documentos perfectamente legibles. Por lo tanto, podemos repararlos y contar su contenido a otras personas. O sea, podemos declarar la información; de ahí el rótulo de “memoria declarativa”.

Mucho de lo que sabemos sobre este sistema se lo debemos a un solo hombre. Se trata de HM, el paciente que protagonizó más estudios en la historia de la disciplina –algo así como el Ricardo Darín de las neurociencias–. Para detener sus constantes ataques epilépticos, un equipo de neurocirujanos le extirpó el hipocampo. La operación fue exitosa,

.....
4. La metáfora de la memoria de largo plazo como una especie de biblioteca halla sus primeros antecedentes en los trabajos de Donald Broadbent y George Miller.

pero trajo una consecuencia inesperada: en el proceso, HM perdió la habilidad de construir recuerdos nuevos. Si se le hacían preguntas sobre su niñez o sobre conocimiento general, respondía con normalidad y precisión. En cambio, era incapaz de recordar el nombre o el rostro de las enfermeras que lo atendieron o qué comió durante la internación. Este cuadro, conocido como “amnesia anterógrada”, reveló que el hipocampo es clave para la consolidación inicial de nuevos recuerdos. Los recuerdos ya consolidados, como los de la niñez, se representan en la neocorteza temporal, que estaba preservada en HM. El legado de evidencia que nos dejó este paciente es inestimable. Las neurociencias guardarán una eterna deuda de gratitud con él.⁵

La información declarativa representada en la neocorteza comprende dos grandes sistemas. Por un lado, la memoria episódica se ocupa del registro autobiográfico. Incluye conocimientos que incorporamos como participantes directos de situaciones definidas espaciotemporalmente. Nos brinda un sentido de continuidad a lo largo del tiempo. Nos permite, por ejemplo, hacer un viaje mental a través de cada jornada de nuestras últimas vacaciones. En la codificación de este tipo de recuerdos participan el hipocampo derecho y la corteza prefrontal izquierda. A la hora de recuperarlos, entra en juego la corteza prefrontal derecha. Una vez establecidos, los recuerdos episódicos dependen de regiones temporales anteriores. Lo sabemos, entre otras cosas, porque las patologías que implican daño o atrofia en dichas áreas, como la

amnesia y el Alzheimer, entrañan grandes dificultades para recuperar información sobre las propias experiencias.

Por otro lado, la memoria semántica representa información lingüística y conceptual, a la que podemos acceder sin necesidad de evocar eventos que nos tengan como protagonistas. Se trata de una red extendida que depende de áreas temporales pero integra señales provenientes de múltiples regiones. Es, en esencia, una memoria asociativa que nos permite establecer vínculos entre los más variados conceptos. Para ilustrar su funcionamiento, Collins y Quillian propusieron equipararla con un sistema de subtes. Digamos que los conceptos son estaciones en la red ferroviaria. Así, partiendo de la estación “perro”, nos queda más cerca “gato” que “estrella”. Por ende, lleva menos tiempo ir de la primera a la segunda que a la tercera. Bajo el mismo principio, la semejanza semántica entre dos conceptos cualesquiera incide en la velocidad con que podemos ir de uno a otro. A su vez, hay estaciones que se conectan directamente, sin paradas intermedias, mientras que hay otras que forzosamente deben conectarse por intermedio de alguna estación de relevo. Por supuesto, cada estación puede conectarse con muchísimas otras. ¿Se va entendiendo la idea? Bueno, ahora cambie las estaciones por nodos neuronales y la distancia por el tiempo necesario para la coactivación de nodos y ya tendrá una imagen de cómo opera esto en el cerebro.

La cajonera

Desde los tres o cuatro años, usted pronuncia todos los sonidos de su lengua materna a la perfección. Lo hace automá-

.....
5. También debemos agradecerle por servir de inspiración para la película *Memento*, obra maestra de Christopher Nolan.

ticamente, de modo constante; pero no tiene la más pálida idea de cómo lo hace. ¿Podría explicarle a un amigo qué hacen las cuerdas vocales, la lengua, el velo del paladar, la mandíbula y los labios cuando articula la sílaba /ga/? Este conocimiento estable no puede declararse (a menos que haya estudiado fonética o fonología). Es un “saber cómo” y no un “saber qué”, al igual que caminar o atarse los cordones. De tales cuestiones se ocupa la memoria implícita.

Este sistema es independiente de los anteriores. No requiere de acceso a experiencias previas o a nociones enciclopédicas. HM, por ejemplo, nunca perdió la capacidad de pronunciación ni las habilidades motoras. La adquisición de tales hábitos sensoriomotrices y cognitivos depende de los ganglios basales, mientras que la coordinación de procesos durante su ejecución está a cargo del cerebelo. Para ello también es crucial el lóbulo prefrontal.

La memoria implícita también participa del condicionamiento emocional, o sea, el aprendizaje de respuestas emotivas automáticas ante estímulos que no suscitan tal reacción por sí mismos. En un experimento centenario que muchos tildan de guachada, John Watson y Rosalie Rayner le mostraban una rata a un bebé llamado Albert y este seguía lo más pancho; se llevaba bien con el bicho. Después, con la ratita ahí presente, le pegaban un martillazo a un fierro y lo hacían llorar. Repitieron la operación varias veces y luego dejaron de martillar. Para entonces, la memoria implícita ya había hecho lo suyo. Ahora, cada vez que Albert veía la rata, sin estruendo de por medio, rompía en llanto automáticamente. Estudios posteriores demostraron que el aprendizaje de estos miedos condicionados activa una estructura subcortical llamada “amígdala”. La alteración de

esta “almendrita” (a eso remite la etimología de su nombre) puede redundar en fobia social, estrés postraumático o ataques de pánico.

Resumiendo, en esta sección hemos hecho dos cosas. Por un lado, explicamos que la memoria implícita opera de modo automático. Al articular una palabra o llorar histéricamente ante la aparición de una rata, no accedemos conscientemente a ninguna información declarativa. Por otro lado, si ha sabido leer entre líneas, le hemos dado la receta para que su hijo se haga hinch de Boca (pista: solo necesita una cuchara, una cacerola y la mítica 9 de Enzo Francescoli).

Los límites de la metáfora de la oficina

Las metáforas espaciales, como la de la oficina o la del subte, resultan útiles para introducirnos en el campo de la memoria. Sí, fenomenal; pero son metáforas, ni más ni menos. En el cerebro no hay bibliotecas, ni estaciones, ni ninguno de los inventos con que se ha comparado la memoria (tablas rasas, gramófonos, cintas de grabación, conmutadores telefónicos, hologramas, discos rígidos, servidores de Internet). Recordemos las palabras de Alfred Korzybski: el mapa no es el territorio.

Un documento guardado en una biblioteca perdura inmutable por siglos; podemos acceder a todo el contenido tal cual figuraba al momento de archivarlo. La memoria no funciona así. Solo algunos cerebros patológicos y excepcionales logran recordar a la perfección extensas listas de datos. Los llamados “sabios autistas” pueden memorizar listas kilométricas de números primos, guías telefónicas com-

pletas o cada ínfimo detalle de una escena visual. Esto, por supuesto, es la excepción a la regla.

En el cerebro sano, la memoria, al igual que la percepción, es un conjunto de procesos dinámicos y situados. Nunca hay acceso perfecto a un archivito inmaculado. La memoria y su principal compinche, el olvido, son procesos reconstructivos. No siempre recordamos los mismos eventos en su totalidad y de la misma forma; tampoco los olvidamos por completo. Encima, cuando recordamos, no recordamos el evento original sino el último recuerdo del evento.⁶ Incluso es posible implantar falsos recuerdos mediante manipulaciones contextuales al hacer preguntas.⁷ Para rematarla, ambos procesos son selectivos. Las experiencias traumáticas pueden anular determinados recuerdos y nuestras preferencias pueden fortalecerlos.

En definitiva, recordar es construir estados mentales presentes a partir de los vestigios de la experiencia y el conocimiento previo. A nivel neurocognitivo, no hay gran diferencia entre recordar e imaginar. Incluso hay evidencia reciente que sugiere que recordar el pasado e imaginar el futuro implican mecanismos cerebrales muy parecidos. Si cuando recordamos algo nuestras neuronas imaginan el pasado, ¿será que al predecir lo que vendrá están recordando el futuro? Se la dejamos picando.

6. Qué paradoja, ¿no? La mejor receta para distorsionar una vivencia en la memoria es recordarla muchas veces.

7. Véase el apartado “En la cancha se ven los pingos”, en el capítulo 7.

LA INTELIGENCIA, DESMENUZADA

Un matemático brillante, doctor honoris causa, doce libros publicados, tres divorcios, cero sensibilidad artística. Un paisano analfabeto, nunca una calculadora, tosco al hablar, chacra impecable, los mejores cultivos de la zona, querido por todos, familia feliz. Un joven ermitaño, sin amigos, primaria incompleta, guitarrista virtuoso, buen poeta, plena paz espiritual. ¿Cuál de ellos es inteligente? Antes de continuar, arriesgue una respuesta.

Es muy probable que haya contestado “todos”. En tal caso, estamos en sintonía. La pregunta, de hecho, es capciosa. Más pertinente habría sido preguntar: ¿de qué modo es inteligente cada uno? La inteligencia no es una sola cosa, ni se puede reducir a las habilidades lógico-verbales que evalúan los tests de coeficiente intelectual. Hay muchas dimensiones de la inteligencia, esa capacidad de resolver (y crear!) problemas para satisfacer alguna necesidad. Por ello, sería un error intentar localizarla todita en una región cerebral especializada, tratándola como la percepción visual u otra función de bajo nivel.

También sería equivocado pensar que el tamaño del cerebro determina la inteligencia. Ciertamente es que algunos estudios documentan asociaciones entre pruebas conductuales de inteligencia y medidas cerebrales, como el volumen cerebral total, el tamaño de los lóbulos frontales o el grosor de la corteza. Sin embargo, estas últimas también se correlacionan con otras variables, como la cantidad de amigos que poseen ciertos animales o cuánto corretean de un lado a otro. Por ende, no se puede establecer una relación causal directa y absoluta entre cantidad de cerebro y cantidad

global de inteligencia. Los tipos más brillantes, después de todo, no siempre son los más cabezones.

Un enfoque más sensato para explorar los correlatos neurales de la inteligencia consiste en desgajar semejante megaconcepto en distintas habilidades específicas. Howard Gardner, de la Universidad de Harvard, propone discriminar entre múltiples inteligencias: lingüística, lógica, espacial, musical, corporal, interpersonal, interpersonal y naturalista (podríamos también agregar una inteligencia colectiva, como veremos en el próximo capítulo). Los tres personajes con que abrimos esta sección manifiestan distintos patrones de desempeño en dichos dominios. Las neurociencias se ocupan de estos y otros tipos de inteligencia. A modo ilustrativo, veamos algunos hallazgos sobre una de sus formas más básicas y abstractas: la inteligencia fluida.

Hace varias décadas, Charles Spearman propuso que poseemos un factor general de inteligencia, llamado “factor g”.⁸ Una de sus manifestaciones, según Raymond Cattell, sería la inteligencia fluida, la capacidad de pensar lógicamente y resolver problemas nuevos mediante recursos independientes de la experiencia y el conocimiento adquirido. Para medir la inteligencia fluida se emplean pruebas objetivas, como el Test de Inteligencia Libre de Cultura, del propio Cattell, o las Matrices Progresivas, de John Raven. Estos instrumentos se han empleado en incontables experimentos con pacientes cerebrales y sujetos sanos. Así se descubrió que la inteligencia fluida involucra áreas asociadas con la

memoria operativa, como las cortezas prefrontal dorsolateral y cingulada anterior.

Más específicamente, las pruebas de inteligencia fluida activan una red cerebral denominada “multiple-demand system”. John Duncan, de la Universidad de Cambridge, demostró que esta red se extiende a través de regiones frontales laterales y dorsomediales, porciones de la ínsula y el surco intraparietal. La evidencia obtenida en estudios con humanos y otros animales corrobora su participación en casi cualquier tarea que realicemos. No solo eso: cuanto más se exige al factor g, mayor es la activación de la red. Por estos lares, María Roca y Facundo Manes, en colaboración con el propio Duncan, demostraron que múltiples déficits cognitivos en pacientes con lesiones focales, demencias y otros cuadros neuropsiquiátricos se explican en gran medida en función del nivel de inteligencia fluida. Los expertos en el tema, si tuvieran que jugársela, coincidirían en que este circuito neuronal parece llevar la batuta del comportamiento inteligente.

¡ATENCIÓN! (LA MAGIA DETRÁS DE LA MAGIA)

Comprender la atención es uno de los problemas más antiguos que enfrentan las neurociencias. Hace más de un siglo, William James definió el concepto en estos términos:

Todos saben qué es la atención. Se manifiesta cuando la mente, ante múltiples objetos o pensamientos dispuestos en simultáneo, se apodera de solo uno con vívida claridad. Esencialmente, consiste en dirigir y focalizar la conciencia. Implica hacer caso omiso

8. Es factor “g”, sin “a” adelante. No se lo vaya a confundir con las famosas gotitas para reducir las flatulencias.

de ciertas cosas para lidiar con otras de modo más efectivo, y se opone diametralmente a la confusión, el estupor y la dispersión.⁹

En el torbellino de estímulos que percibimos segundo a segundo, la atención se queda con los más relevantes e ignora los irrelevantes. Sería como una linterna cerebral, que ilumina un sector de la realidad y deja el resto en la penumbra. Al igual que la inteligencia, no se trata de una facultad unitaria. Por un lado, se ajusta de modo automático o reflejo a las características de las cosas que nos rodean, mediante procesos *bottom-up* (guiados por los sentidos). Por otro lado, se ve influenciada por estados internos, como la modulación voluntaria de las expectativas mediante procesos *top-down* (guiados por los conocimientos previos o las expectativas).

Según Corbetta, la atención refleja, gatillada desde el exterior, depende de una red témporo-parietal derecha. La atención voluntaria, en cambio, supondría la actividad de regiones frontodorsales y parietales inferiores. En esto de darle bolilla a una u otra cosa, también intervienen sistemas subcorticales de neurotransmisión que riegan el cerebro con dopamina y norepinefrina.

Cuando la canalizamos bien, la atención es una enorme virtud. Nos permite frenar el auto a tiempo para no acribillar a ese perrito desorientado, o escuchar una canción poniendo de relieve la línea de bajo. Cuando se nos zafa de las riendas, comienzan los problemas. Mientras hablamos

con nuestra pareja se nos cruza una idea para el trabajo y dejamos de llevarle el apunte; ni bien queda expuesta la desconcentración, terminamos sepultados bajo un alud de reproches. Y cuando se la manipula con destreza, puede ser un instrumento del asombro. Los magos lo saben mejor que nadie. Para comprobarlo, puede mirar en Internet alguna entrevista a René Lavand o seguir leyendo.

Desde tiempo inmemorial, combinando creatividad y habilidades intuitivas, los magos han desarrollado un conocimiento de la atención que supera por leguas al que poseen los neurocientíficos. Su arte es el *súmmum* de la engañifa atencional. Por eso se ha convertido en un ámbito de interés para quienes investigan la mente informada. Es que las ilusiones no son sino jueguitos cerebrales. Cuando el mago mueve el tenedor de un lado a otro, se superpone la actividad de las neuronas de movimiento y las neuronas de borde en las zonas V1 y V5 de nuestra corteza visual. ¡Abracadabra! El tenedor parece doblarse.

Los prestidigitadores suelen decir que la mano es más rápida que el ojo. Falso. Lo que hacen en sus espectáculos es aprovechar la velocidad del procesamiento visual para desviar la atención de las manos. El famoso truco de hacer desaparecer la pelota se basa en el fenómeno de ceguera atencional. La pelota va pasando de una mano a otra, de abajo hacia arriba, una y otra vez. Nuestro servil sistema cognitivo se acostumbra a ese recorrido. En cierto momento, el mago deja la pelota en la mano de abajo pero nuestro cerebro sigue el circuito trazado. De repente, parece que la pelota se evanesció.

Caímos en la trampa. El mago manipuló nuestras redes atencionales mediante claves externas. Un estudio de rastreo

.....
9. James, W. (1890), *The principles of psychology*, Nueva York, H. Holt and Company, pp. 403-404 (la traducción es nuestra).

ocular reveló que las víctimas del engaño no son nuestros ojos. Cuando la pelota se queda abajo, estos se aferran a ella. Sin embargo, el cerebro, precipitado y dócil para la habituación, nos hace “ver” que la pelota sube. Es el mismo principio que subyace a una condición llamada “ceguera cerebral” o “blindsight”. Los pacientes que la padecen no perciben conscientemente los objetos, aunque sus ojos siguen a la perfección el movimiento y su cerebro detecta estímulos visuales. El tema es que eso no alcanza. La experiencia de ver algo también implica un componente atencional.

Otro vericuerdo de la cognición que los magos han sabido explotar es la ceguera del cambio. A la izquierda del escenario, el Deslumbrante Magicson ingresa al Sarcófago de la Desmaterialización. Por la derecha, lentamente, ingresan dos rubias con más curvas que ropa y coloridos pañuelos que flamen de un lado a otro. Tardan un buen rato en llegar al Sarcófago. Lo abren y, por alguna razón, nos sorprendemos ante lo que ya sabíamos que iba a pasar. Magicson se esfumó.

¿Cómo lo hizo? Sacando a pasear su cerebro. Sucede que cuando algo acapara nuestra atención, si más no sea por un breve instante, hasta las modificaciones exageradas en el entorno se nos pueden escapar. Las pulposas muchachas son un imán atencional. Tres segundos de su magnetismo bastaron para que Magicson se escabullera tras bambalinas sin que lo notáramos. Pruébelo usted mismo. Andrés Rieznik, colega, físico y tanguero, propuso experimentar con la ceguera de cambio en las milongas. Invite a dos desconocidos a bailar. A mitad del primer tango, tóquele el hombro al varón. Cuando este se dé vuelta, sustituya a su compañera por una nueva bailarina. La mayoría de las veces, si la pre-

dicción es correcta, los hombres no advertirán el reemplazo y, como si nada, retomarán “La cumparsita”.

Acá va otra clásica. El mago le muestra algunas cartas. Usted escoge el tres de corazones. El tipo entra en trance y al toque la adivina. ¡Se le metió en la cabeza y leyó su decisión! No exactamente. Más bien, le metió la decisión en la cabeza mediante la técnica de captura atencional. Nuestro cerebro, sin que seamos conscientes de ello, se ve atraído hacia los estímulos que más patentes se le hacen. El mago, al desplegar las cartas, le muestra el tres de corazones durante unas décimas de segundo más que los otros naipes. En la mayoría de los casos, esa exposición adicional determina nuestra decisión. Los magos lo llaman “forcing”: nos hacen creer que nosotros elegimos y ellos adivinan, pero en realidad ellos eligen y nosotros ni lo adivinamos.

Por último, los magos también manipulan procesos *top-down* mediante el control de las expectativas. Lo pueden llevar a predecir exactamente lo que quieren que prediga o pueden implantarle creencias incorrectas. De todos modos, el cerebro no es tonto. Se lo puede despistar a través de la atención, pero no en forma indefinida. Por eso, si algún mago lo fascina y no quiere que se rompa el hechizo, no vaya a verlo dos veces la misma temporada.

LA INTERVENCIÓN DEL EJECUTIVO

Cuando formulamos objetivos, concebimos planes y gestionamos recursos cognitivos para ejecutarlos, el cerebro recurre a varias habilidades interrelacionadas. Muriel Lezak las denominó “funciones ejecutivas”, término que luego fue

popularizado por el español Joaquín Fuster. El rótulo no es descabellado; en cierto modo, ellas ejercen la presidencia de nuestra mente –presidencia intervencionista, si las hay: las funciones ejecutivas participan de todo tipo de tareas, desde organizar un viaje y administrar un hotel hasta reconocer emociones y empatizar con nuestros semejantes–.

Las funciones ejecutivas subsumen varias capacidades cognitivas, como el control de la acción y el pensamiento, la planificación, la inhibición y la memoria operativa (sí, aunque es un sistema de memoria forma parte de estos dominios). También incluyen la flexibilidad cognitiva, la supervisión de la conducta y la fluidez del pensamiento. Su conceptualización comenzó a definirse durante ese macabro experimento que fue la Segunda Guerra Mundial. Innúmeros soldados heridos presentaban un perfil clínico muy particular. Sus habilidades motrices, perceptuales y verbales, así como su inteligencia y su memoria, estaban bien preservadas. Sin embargo, manifestaban severos déficits de memoria operativa y no lograban orquestar conductas orientadas a un objetivo.

Estos pacientes presentaban lesiones en los lóbulos frontales. De ahí que Luria, Tim Shallice, Marsel Mesulam y Paul Burgess se refirieran a dichos cuadros como “síndrome frontal”. La sintomatología es leve cuando el daño se focaliza en un solo hemisferio y grave cuando ambos se ven comprometidos. Sin embargo, no es este el único síndrome que produce trastornos ejecutivos. Como veremos en el capítulo 6, tales habilidades se alteran en múltiples patologías neurológicas y psiquiátricas.

Existen diversas pruebas para evaluar aspectos puntuales de las funciones ejecutivas. Gracias a miles de experi-

mentos con pacientes y sujetos normales, hoy conocemos bastante bien sus correlatos neuroanatómicos. La corteza prefrontal dorsolateral coordina acciones y pensamientos en tiempo real. Dicha actividad es supervisada por el cíngulo, que además es clave en la motivación y las emociones. La corteza orbitofrontal cumple un papel clave en la conducta inhibitoria y en la regulación de los efectos de recompensa. A su vez, hay circuitos que se extienden más allá de las áreas frontales. La llamada “red de control frontoparietal”, por ejemplo, se activa durante numerosas tareas de control ejecutivo. El cerebelo participa de casi todo proceso de coordinación. También son importantes algunas estructuras del lóbulo temporal.

Hay muchos modelos que intentan caracterizar estos complejos entramados neurocognitivos. Algunos enfatizan los procesos *top-down* durante el control inhibitorio. Otros hacen hincapié en la supervisión atencional de los procesos cognitivos. Si bien no hay acuerdo pleno sobre su organización, los estudios sobre el tema han propiciado avances significativos en el diagnóstico y el tratamiento de los trastornos referidos. Al paso al que vamos, es posible que comprendamos los sistemas ejecutivos de nuestros cerebros antes que los de nuestros gobiernos. No sabemos si eso es motivo de esperanza o desesperación.

CONCIENCIA CON CIENCIA

¿Qué es la conciencia? ¿Somos conscientes de todo lo que hacemos? ¿Existe una conciencia material? Durante siglos estas preguntas han sido abordadas desde la religión y la

filosofía. Hay quienes piensan que, ante ellas, la ciencia no puede sino quedarse en el sobre. Sin embargo, un número creciente de investigadores estaría bastante en desacuerdo.

Una rama de las neurociencias tiene por objetivo comprender cómo se vincula la mente consciente con las interacciones electroquímicas que ocurren al interior del organismo. Koch se refiere a tal empresa como el “programa de los correlatos neuronales de la conciencia”. De entrada, hay que reconocer algunos obstáculos nada triviales. El más apabullante es que los datos en primera persona no pueden reducirse a datos en tercera persona. Si bien es posible correlacionar aspectos del mundo consciente con datos estadísticos, no hay modo de reducir la experiencia del yo consciente a las generalizaciones sobre “esto” y “aquello” que exige la ciencia. Además, en toda discusión sobre el cerebro y lo (in)consciente acecha la sombra del dualismo.

Incluso algunos de los neurocientíficos más renombrados piensan que no tiene mucho sentido estudiar la base cerebral de la conciencia. Para John Eccles se trata de un esfuerzo estéril porque la conciencia dependería de un alma inmaterial (resuenan en su postura las voces de Platón y Descartes). Daniel Dennett rechaza la pesquisa por considerar que la conciencia es ilusoria. Roger Penrose y Stuart Hameroff aducen que las neurociencias aún no se hermanan con las “nuevas leyes fundamentales” que permitirían abordar el tema (como las de una renovada física cuántica). Algunos, directamente, opinan que el constructo no puede examinarse mediante métodos científicos.

Hay expertos que se ubican a mitad de camino entre el “no” rotundo y el “sí” fervoroso. Alan Chalmers, por ejemplo, señala que podemos encarar los problemas “fáciles” de

la cuestión, como determinar qué áreas se activan cuando percibimos conscientemente un vaso rojo. En cambio, no tendríamos recursos para zambullirnos en los problemas “difíciles”, como explicar la experiencia individual de la rojez, nuestra vivencia en primera persona de percibir el rojo (estas experiencias íntimas e intransferibles se denominan “cualia”).

Discusión va, discusión viene, lo cierto es que los estudios neurocientíficos sobre la conciencia se multiplican exponencialmente. Algunos exploran los mecanismos de acceso consciente a un estímulo (cómo y cuándo nos damos cuenta de que apareció un objeto ante nuestros ojos o un sonido en torno a nuestros oídos); otros, las transiciones entre vigilia y sueño; otros, la metacognición (cómo pensamos sobre nuestros propios procesos mentales); otros, la capacidad de reflexionar sobre determinada cuestión; otros, los cualia.

Uno de los modelos neurocognitivos más simples, formulado por Francis Crick y Christof Koch, sostiene que la conciencia perceptual (desayunarnos de que acabamos de percibir algo) dependería de neuronas puntuales que constituyen una red jerárquica en regiones prefrontales. La propuesta recibió muchas críticas porque presupone que hay conjuntos discretos de neuronas que encarnan entidades específicas del mundo externo.¹⁰ Se ha argumentado que tal concepción implica errores categoriales, entraña una visión no sistémica del cerebro y genera múltiples problemas sin solución. Sin embargo, hay evidencia de peso que

.....
10. En la jerga neurocientífica, se conoce a esta postura como “doctrina de la neurona abuela”, en alusión al conjunto de neuronas que se dispararía cada vez que uno percibe a su nona.

la espalda. Un estudio liderado por Rodrigo Quian Quiroga demostró que ciertas neuronas se activan de modo selectivo e invariante ante múltiples estímulos que evocan el mismo concepto. Existen, por ejemplo, “neuronas Jennifer Aniston”, células que se activan cada vez que percibimos algo relacionado específicamente con la actriz, como sus fotografías o su nombre.

En la otra esquina están quienes proponen que el cerebro actúa como un vasto sistema dinámico. Entre ellos hay investigadores titánicos, como Antonio Damasio, Walter Freeman, Francisco Varela, Andreas Engel y Gerald Edelman, que demostraron que la percepción consciente depende de la comunicación coordinada de múltiples áreas cerebrales. ¿Cuál es la postura correcta? ¿Neuronitas monotemáticas o redes ampliamente distribuidas? Posiblemente ambas sean compatibles. Bien podría concebirse la conciencia como una facultad dinámica producida por neuronas jerárquicas con funciones muy específicas que se insertan en asambleas neuronales extendidas a lo largo del cerebro.

Otro hallazgo notable es que nuestras madres tenían razón: la mayor parte del tiempo somos una manga de inconscientes.¹¹ Hay abundante evidencia de que al pensar, actuar, decidir, discriminar y amar operamos mediante mecanismos que ni llegamos a intuir. Consideremos el fenómeno de *priming*. Si le presentamos un estímulo X durante

un lapso tan breve que usted ni sabe que estuvo ahí, sus procesos cognitivos sobre un estímulo posterior se verán afectados por las propiedades del primero. Esto ocurre en los niveles perceptual, espacial, fonológico y semántico, con consecuencias para el procesamiento motor, visual, auditivo, verbal, afectivo y social. Como intuyen los publicistas al promocionar gaseosas o hamburguesas, nuestro cerebro es víctima fácil de la información subliminal y supraliminal.

Por ejemplo, desde el momento en que se nos aparece una palabra, el cerebro tarda unos 200 milisegundos en dejarnos saber que está ahí. Para comenzar a pronunciarla, necesitamos unos 200 milisegundos más. Ahora, si antes ponemos una palabra relacionada semánticamente durante 50 milisegundos (tan poquito tiempo que, aunque la vemos, no sabemos que la vemos), el inicio de la articulación será significativamente más rápido. Dicho de otro modo, el proceso se modificó por un fenómeno inconsciente. Es más: hay personas que son ciegas ante lo que aparece del lado derecho de su campo visual, pero manifiestan los mismos efectos de *priming* semántico cuando la primera palabrita aparece del lado afectado. Es decir, ven pero no saben que ven. Su sistema visual procesa información de la que nunca son conscientes. Y si quiere más ejemplos de procesos inconscientes, no se olvide de que los magos, mediante el arte del *forcing*, pueden hacerlo tomar decisiones sin que usted siquiera advierta la maniobra empleada.

Por último, uno de los aportes más notables de las neurociencias ha sido demostrar que los pacientes en coma o en estado vegetativo mantienen islotes de conciencia. En uno de sus tantos experimentos, Adrian Owen obtuvo neuroimágenes de estos pacientes mientras les hacía preguntas por sí

.....
11. Por si las moscas, apuntemos que la noción de inconsciente no es la misma para el cognitivismo que para el psicoanálisis. Mientras que los freudianos usan la palabra “inconsciente” como sustantivo (una entidad, *el* inconsciente), en este contexto se trata de un adjetivo (una *característica* de determinados procesos mentales, no una cosa).

o por no. Antes les había indicado que para decir “sí” pensarían en jugar al tenis y que para decir “no” se imaginaran recorriendo sus casas. La primera tarea genera activaciones distintivas en la corteza premotora, mientras que la segunda genera actividad en el giro parahipocampal. Empleando estas regiones cerebrales como lucecitas de respuesta, se demostró que los pacientes preservaban la conciencia de su historia personal, sus parientes, sus sensaciones actuales y varias cosas más. Ni el estado vegetativo suprime plenamente algunas propiedades de la conciencia.

El tema de los procesos conscientes e inconscientes es fascinante y por demás complejo. Con los párrafos anteriores no llegamos ni a arañar la punta del iceberg. De todos modos, a no desesperar. Con el libro *Cavernas y palacios*, de Diego Golombek,¹² podrá evacuar las dudas que le haya suscitado este breve apartado.

¿LA ENCARNACIÓN DEFINITIVA DEL COGNITIVISMO?

Luego de una larga historia de encarnaciones y reencarnaciones, el alma cognitivista se asentó en el cuerpo de las neurociencias. Esta disciplina, en menos de treinta años, no solo logró abordar prácticamente todas las preguntas de las tradiciones racionalista y computacionalista, sino que también tendió un puente entre el estudio de la mente y las ciencias biológicas. ¿Nos hallaremos, pues, ante la encarnación definitiva del cognitivismos? Sería poco prudente y posi-

blemente falso responder que sí; pero aun si el cognitivismos ha de continuar sus transmigraciones, esta fase que atraviesa no pasará desapercibida.

Ahora, más que los desafíos cumplidos nos interesan los venideros. Las neurociencias se han acostumbrado a la máxima cartesiana de “fragmentar y analizar”. El problema, como sucede en el equivalente bélico de “dividir y conquistar”, es que resulta muy difícil volver a unir las partes. El cerebro no tiene compartimentos separados para cada dominio. La acción y la percepción, la(s) memoria(s), la atención y todas las facultades de nuestra mente interactúan milisegundo a milisegundo en cada cosa que hacemos. Si tiene dudas, échele un vistazo a su sobrino *multitasker*, que mientras lee el correo escucha música, discute con la novia y manda mensajes por WhatsApp.

Debemos avanzar hacia una comprensión más global y dinámica de la orquesta cerebral. En este sentido, será indispensable incrementar nuestro conocimiento sobre los dominios intercognitivos, aquellos que se prenden en todas, como la percepción, la atención y las funciones ejecutivas. Sabemos que estas últimas, por ejemplo, intervienen en tareas de naturaleza mnemónica, verbal, emocional y social; y que, al hacerlo, desencadenan coactivaciones en diversas regiones cerebrales (lóbulo prefrontal medial y ventrolateral, corteza orbitofrontal, lóbulo temporal, surco temporal superior, corteza parietal inferior y circuitos de la amígdala). El zoológico del laboratorio nos permite ver cada función por separado, aislada de las demás. De algún modo, tenemos que acercarnos a la cognición tal como ocurre en la naturaleza. Las neurociencias deben irse de safari.

12. Golombek, D. (2008), *Cavernas y palacios*, Buenos Aires, Siglo XXI.

Para ello habrá que equiparse con nuevas teorías. Las viejas encarnaciones del cognitivismo pecaron de racionalistas, cartesianas y atomistas. Hoy contamos con aproximaciones conceptuales que auguran una redención. La teoría de la cognición situada postula que el conocimiento se estructura bajo el influjo del ambiente social, ecológico y físico que enmarca la experiencia. El enfoque de la cognición corporeizada, en sus diferentes versiones, sostiene que la información mental se organiza con arreglo al cuerpo, a su vez inserto en un contexto sociocultural particular. Los que adhieren a la propuesta de la mente extendida estudian el rol del entorno en la génesis de los procesos cognitivos y la expansión de estos últimos mediante invenciones tecnológicas. Quienes trabajan en el marco de la neurodinámica se focalizan en el acoplamiento y desacoplamiento de sistemas neurocognitivos durante tareas diversas...

Con estas nuevas perspectivas, el alma cognitivista parece haber tomado un buen rumbo. Hasta aquí ha completado un largo recorrido; hacia adelante el camino se le revela interminable. Seguramente avanzará mucho más antes de abandonar el avatar neurocientífico en que hoy reside.

La mente maquiavélica

Donde conocemos varios descubrimientos de la neurociencia social que extienden las observaciones de un afamado escritor florentino

En sus andanzas diplomáticas por la Europa renacentista, el florentino Nicolás Maquiavelo (1469-1527) conoció las facetas más arteras del ser humano, las razonó y las expuso al mundo. Sumido en la esfera política, se concentró en las estrategias empleadas para obtener poder. En *El príncipe*, reflexionó que “es mejor ganar la confianza de la gente que confiar en la fuerza” y que “quien engaña encontrará siempre a quien se deje engañar”. El énfasis en la mentira y la manipulación hicieron que su apellido simbolizara tales maniobras. Sin embargo, la visión de Maquiavelo fue mucho más amplia. Lo que hizo fue caracterizar diversas formas de inferir los estados mentales ajenos y actuar en consecuencia. Por ejemplo, en *La mandrágora*, narró una conquista amorosa concretada gracias a múltiples ardides sociales de colaboración y persuasión.

¿Por qué hablar de Maquiavelo aquí y ahora? Porque con estas reflexiones, sin saberlo, anticipó algunos de los principales objetivos de la neurociencia social: comprender

nuestra capacidad de “leer” la mente del otro (entender qué está sintiendo o pensando, sin mediar palabras) y, de modo más general, desentrañar la base cognitiva de nuestras relaciones intersubjetivas. En pocas palabras, podríamos decir que la neurociencia social investiga cómo funciona la mente maquiavélica.

EL ÚNICO ANIMAL MEGAMENTALISTA

En una de las primeras indagaciones sistemáticas sobre los correlatos neurales de la socialización, el antropólogo Robin Dunbar estudió diferentes mamíferos y documentó una correlación positiva entre el volumen cerebral (controlado por masa corporal y peso) y el número de vínculos que cada animal establece con sus pares. Pronto surgió evidencia que refutó la hipótesis subyacente. Los lémures, por ejemplo, viven en grupos sociales muy grandes pero tienen cerebros relativamente pequeños. Sin embargo, dicha investigación inspiró a Richard Byrne y a muchos otros a estudiar primates en busca de una asociación más refinada: entre el tamaño del cerebro y el uso de estrategias de manipulación social.

Si no interactuáramos, no existirían la ciencia, la tecnología, la cultura, etc. Es más: no existiríamos. En varios aspectos de la vida social, las personas no diferimos de los demás animales. Los insectos, las aves y los monos, entre tantas otras criaturas, también poseen formas de inteligencia social y colectiva. Hacen falta innumerables hormigas coordinadas para erigir un hormiguero. Sin embargo, poseemos una trágica virtud que nos es exclusiva: la habilidad de realizar

complejas inferencias sobre las emociones y los pensamientos del otro. Esto nos permite ejecutar tácticas estrictamente humanas de cooperación y engaño.

Aclaremos: otras especies también tienen sus rebusques. Por ejemplo, la araña *Myrmarachne platyleoides* se mimetiza con hormigas tejedoras y simula ser parte del grupo para recibir protección ante posibles depredadores. Con todo, no hay nada táctico en este comportamiento. Se trata de un instinto, pues la araña no construye teorías de lo que pasa en las mentes de los bichos que la rodean, como hacemos los humanos.

Según indican los primatólogos, nuestra mente maquiavélica tiene antecedentes en otros primates evolucionados, capaces de engañar a sus compañeros en función de sus creencias o expectativas. Esto es, precisamente, engaño táctico, una conducta en la que somos especialistas. Ni las arañas ni los monos les prometen a sus pares obesos que si compran un par de zapatillas con plantillas revolucionarias bajarán de peso y tonificarán su figura. Según Gregory House, el brillante doctor encarnado por Hugh Laurie, “[u]na verdad inapelable de la condición humana es que todos mentimos; la única variable es con respecto a qué”.

Por supuesto, la interacción con el otro no siempre es negativa. Un claro ejemplo proviene de las investigaciones de Patricia Kuhl sobre la adquisición del lenguaje. En un famoso experimento, Kuhl formó grupos de bebés angloparlantes y los hizo participar de doce sesiones de exposición al chino mandarín. Estas se condujeron de tres modos: mediante grabaciones de audio, mediante videos y mediante interacción natural con un hablante nativo. Mientras que la última condición redundó en un aprendizaje significativo

de fonemas del mandarín, las dos primeras no generaron ningún aprendizaje. Esto demuestra que el cerebro se nutre de la socialización. Aprendemos mejor cuando construimos vínculos interpersonales dinámicos.

John Donne escribió que “[n]ingún hombre es una isla, algo completo en sí mismo; todo hombre es un fragmento del continente, una parte de un conjunto”. La ciencia moderna corrobora esta metáfora. A mediados del siglo pasado, Solomon Asch, pionero de la psicología social, demostró que las creencias y los juicios individuales se ven moldeados por aquellos de los demás. Recientemente, la revista *Science* publicó un estudio a gran escala sobre la cuestión. Se les solicitó a numerosos participantes que emitieran juicios de valor en Internet sobre noticias de economía, negocios, cultura, sociedad, política, tecnología y otras. Cuando los participantes opinaban, recibían *feedback* inmediato (de apoyo, rechazo o neutralidad) sobre sus opiniones. Luego, los investigadores estudiaron la dinámica de las valoraciones subsiguientes en más de trescientas mil opiniones. En todas las temáticas, las valoraciones personales se vieron sesgadas sistemáticamente por los juicios positivos de otras personas. La opinión personal dependió en gran medida de lo que pensaba el resto. Más allá de la racionalidad individual, somos animales gregarios influidos por las perspectivas de otros sujetos. Lo que nos hace distintivamente humanos no es la capacidad de resolver cálculos lógicos o memorizar gran cantidad de información, sino la habilidad de interactuar de manera estratégica, “leyendo” las mentes que integran nuestro continente social y ajustándonos a ellas.

LO SOCIAL ACAPARA EL CEREBRO

Mucho antes de que existieran herramientas adecuadas, Sigmund Exner y Freud vislumbraron la posibilidad de estudiar la base mental de los procesos socioemocionales. La revolución cognitiva sacó estas cuestiones del centro de la escena científica, pero los psicólogos sociales y los sociólogos no tiraron la toalla. Con el tiempo, el tema llegó a la primera plana de las neurociencias mediante la monumental labor de Joseph LeDoux, quien demostró cómo las emociones (en particular, el miedo) influyen en la dinámica y la plasticidad del cerebro. Desde 1992, gracias al bautismo disciplinar que ofició John Cacioppo, nos referimos al estudio neurocognitivo del comportamiento interactivo como “neurociencia social”.

Los procesos sociales se vinculan con diversas partes del cerebro. Por ejemplo, la corteza prefrontal ventromedial (una de las regiones más evolucionadas en los humanos) es crucial para la toma de decisiones complejas, la valoración de las decisiones y la conducta moral. Otra estructura clave es la amígdala, que interviene en el aprendizaje social, el procesamiento de emociones y otras funciones de relevancia social. Por su parte, nuestras cortezas sensoriomotoras se activan cuando observamos una acción ajena; así, nuestro cerebro “simula” la ejecución de la acción del otro y nos ayuda a comprenderla. También es crítico el papel de la ínsula, que integra las señales provenientes del olfato, el gusto, el tacto y los mecanismos viscerales para generar un estado motivacional básico que colorea el significado de los procesos sociales.

Ciertas regiones cumplen tareas muy especializadas en el contacto social. Tal es el caso del giro fusiforme, encargado

del reconocimiento de rostros. Dicha función se ve alterada selectivamente cuando esta estructura sufre una lesión o cuando se la estimula eléctricamente, como vimos en el capítulo 1. En cambio, otras áreas intervienen en el procesamiento de información social aunque esa no sea su principal función. Entre ellas se encuentran el cerebelo y las vías córtico-talámicas, estructuras que hasta hace poco se consideraban puramente motoras y sensoriales, respectivamente.

En definitiva, la interacción social pone en juego redes cerebrales que se extienden a lo largo y ancho del cerebro. No hay una única región a cargo de la socialización. De hecho, no podría haberla, puesto que casi todo proceso cognitivo implica una dimensión socioafectiva.

En lo que sigue, recorreremos una selección de hallazgos neurocientíficos sobre varios dominios pertinentes.

¿Qué ves cuando me ves?

El rostro humano puede comunicar un repertorio inacabable de mensajes. Basta un rápido careo para inferir qué piensa y cómo se siente otra persona. Una investigación de nuestro equipo demostró que en menos de 120 milisegundos el cerebro logra detectar un rostro, saber si pertenece a la propia raza y asociarlo a cosas agradables o desagradables. El procesamiento de la emoción facial depende de una red neural específica que se extiende a lo largo del giro fusiforme, la amígdala y regiones temporales y frontales (como el surco temporal superior y la corteza orbitofrontal, respectivamente). La eficacia del cerebro para detectar rostros y emociones faciales puede predecir el grado de prejuicio

racial, la capacidad de navegación del mundo social y aun el perfil cognitivo en varios trastornos neuropsiquiátricos.

Gracias al trabajo de Alexander Todorov, de la Universidad de Princeton, sabemos que los rostros brindan información inconsciente que se procesa a gran velocidad e induce valoraciones implícitas. Todorov convocó a personas de Europa del Este y les mostró fotos de candidatos políticos estadounidenses a los que jamás habían visto. Sin contar con otra información más que la breve imagen de sus rostros, los participantes debían responder rápidamente quién ganaría las elecciones según qué tan competentes se veían en los retratos. El resultado fue sorprendente: los participantes eligieron una y otra vez a los candidatos que de hecho triunfaron en los comicios. En cambio, cuando se les daba tiempo para pensar y deliberar, sus selecciones ya no coincidían con las de los votantes reales. El mensaje para cualquier político es simple. Si quiere alzarse con la victoria, construya legiones de votantes estúpidos, no los deje pensar y use imágenes potentes que sesguen sus decisiones. De todos modos, parece que la política ya se había instruido en estas artes mucho antes de la irrupción de las neurociencias.

Te quiero con todo mi... cerebro

La neurociencia social también indaga en la base biológica del cariño, el amor, el sexo y la identificación con el otro. La construcción de vínculos afectivos duraderos, mediante un proceso denominado “apego”, es esencial para la maduración cerebral, el desarrollo cognitivo y la adaptación psicosocial. Es raro encontrar individuos que no quieran a

sus madres, no porque estas sean en su mayoría unas dulces, sino porque la biología así lo establece. Por ejemplo, las hormonas oxitocina y vasopresina regulan la vinculación estable desde el parto y facilitan la lactancia. Durante la construcción del vínculo entre madre e hijo, los neurotransmisores dopamina y serotonina modulan el desarrollo neuronal y gatillan cambios cognitivos guiados por la experiencia.

En diversas especies, esta y otras formas de apego, como la fidelidad de pareja y la membresía grupal, dependen (al menos parcialmente) de mecanismos neurológicos similares. Los mamíferos no se caracterizan por establecer lazos afectivos a largo plazo. En animales monógamos, como el ratón de las praderas, la unión entre macho y hembra se consolida en virtud de la oxitocina liberada en el cerebro durante la cópula. Ahora bien, en cuanto disminuyen los niveles de dicha sustancia, chau fidelidad. Del mismo modo, la actividad en la región regulatoria del gen receptor de la vasopresina, el AVPR1A, pronostica la estabilidad de una parejita de ratones.

Las relaciones de pareja son bastante más complejas en los seres humanos. Sucede que, además de las hormonas y los neurotransmisores, el concepto de amor se ve atravesado por accidentes históricos y culturales, como la sanción generalizada de la poligamia, los antecedentes familiares, la coyuntura social, los celos, los deseos y las frustraciones. El argumento del déficit de oxitocina no habría bastado para que Huberto Roviralta se salvara del cenicerazo más famoso de la historia argentina.

El enamoramiento es un proceso irracional, obsesivo y desmesurado (a cuántos amigos les vaticinamos, con abso-

luta precisión, que ese nuevo filito no les duraría ni dos meses). Los ingleses Semir Zeki y Andreas Bartels demostraron que el amor romántico activa procesos cerebrales que favorecen la “idealización del tortolito”. Ante la observación de estímulos provenientes del ser amado, se desactivan determinados circuitos prefrontales y parieto-temporales implicados en la distancia social y las emociones negativas. Esto favorecería la experiencia de unidad en el amor. A su vez, se aumenta el caudal de serotonina y dopamina (transmisores claves en el placer y el apego) mediante la activación de una red que incluye la ínsula, la corteza cingulada anterior, el hipocampo, el estriado y el núcleo accumbens. Así, el contacto con nuestra media naranja desencadena procesos neurobiológicos que producen fuerte gratificación, disminuyen la distancia interpersonal y mitigan las sensaciones desagradables. La mitología se equivocó; los flechazos de Cupido nos pegan bastante más arriba del corazón.

A menos que la cosa sea platónica, tarde o temprano llega la alcoba. Allí, el órgano más activo no es el que usted piensa, sino el cerebro. Cuando realizamos cualquier actividad, regiones específicas de nuestra corteza se inundan de oxígeno y sangre. Si aceptamos esta figura, diríamos que el orgasmo genera un tsunami hemodinámico en el cerebro. De esto puede dar fe Barry Komisaruk, quien dedicó treinta años de su vida a investigar el clímax sexual –entre otras cosas, ha obtenido neuroimágenes mientras sus participantes “ponen manos a la obra” para generarse placer–. El orgasmo aumenta el flujo de sangre y oxígeno que llega a los circuitos neurales del placer, la memoria, las emociones y la toma de decisiones. También parece inhibir las sensaciones de dolor, lo cual contribuiría a la disminución del estrés y la

ansiedad. Además, hay quienes creen que el orgasmo propicia la neurogénesis en el hipocampo. Es más, algunos investigadores piensan que la pequeña pérdida de conciencia que ocasiona ese punto cúlmine es valiosa para “el descanso y la recarga” de las funciones cerebrales. Tenga estos argumentos presentes cuando su pareja se excuse con un “hoy no, chuchi; tuve un día fulminante”.

En las relaciones estables, el cerebro se habitúa a estas descargas de placer y se torna menos lascivo. La lujuria en la pareja sigue un derrotero similar al del meteorito que llega a la Tierra: comienza con una fase muy caliente, luego se va enfriando y por último se convierte en un mero objeto de contemplación. Ahora, si se cumplen ciertas condiciones, ese enfriamiento promueve la consolidación de recuerdos emocionales y la acción de ciertas hormonas, como las ya mencionadas oxitocina y vasopresina, que fortalecen los vínculos afectivos a largo plazo. Por eso el amor duele. Hay evidencia de que la ínsula anterior y la corteza cingulada anterior se activan tanto si una persona imagina que está siendo lastimada como si imagina que es un ser amado el que recibe daño. Estas regiones integran un sistema que procesa emociones de malestar o disgusto y que sustenta la dimensión afectiva del dolor (una experiencia distinta de la que atravesamos cuando nos golpeamos o sufrimos un corte).

Esto no es sino una manifestación de la empatía, o sea, la capacidad de compartir la experiencia emocional del otro. Digamos que va por la calle y de repente ve que un auto atropella a un niño. En el instante en que observa su cara de sufrimiento, estará sintiendo el dolor ajeno en el propio cuerpo: se le activarán áreas que sustentan la sensación de dolor y de afección social (como determinadas regiones

somatosensoriales y las regiones que mencionamos en el párrafo anterior).

Una forma sencilla y efectiva de estudiar los correlatos neurales de la empatía consiste en exponer a los participantes a imágenes de personas que padecen dolor y registrar su actividad cerebral. Mediante estudios de este tipo, se descubrió que el cerebro responde de distinta manera si los que sufren son seres queridos o enemigos, si son atractivos o feos, o si pertenecen a nuestro mismo grupo étnico o no. Además, se observó que los cirujanos y los médicos, que tienden a tomar distancia de sus pacientes, presentan una reducción de las respuestas cerebrales automáticas ante el dolor del otro.

Dichas respuestas, tal cual demostramos en un estudio reciente, también se ven atenuadas en adolescentes institucionalizados que atravesaron una etapa temprana de privación social. Asimismo, observamos alteraciones del procesamiento empático en grupos de psicópatas. Si bien la contemplación del dolor ajeno resuena de modo normal en sus redes empáticas, también suscita actividad en los mecanismos neurales del placer. En suma, la evidencia revela dos aspectos salientes de la neurobiología de la empatía. Por un lado, nuestro cerebro se alinea automáticamente al sufrimiento ajeno. Por el otro, dichas respuestas ecoicas se ven afectadas por múltiples factores, como la proximidad social, la exposición temprana a situaciones de penuria y los rasgos de personalidad.

Para finalizar, consideremos una habilidad muy relacionada con la empatía: figurarnos qué cree, piensa o siente el otro. Se trata de una facultad indispensable para desenvolvernos en el mundo social. Visualice esta escena: Lejano

Oeste, partida de póker, humo de cigarros, vasos de whisky a medio tomar, cinco *cowboys* con naipes en la mano y una pila de billetes sobre la mesa; la tensión se siente en el aire; por debajo del sombrero, Johnny escudriña la conducta de Bill: lo ve transpirar, lo oye aclararse la garganta, percibe una mirada furtiva, un temblor en la muñeca; empuña el revólver y le mete cuatro balazos. “Revísenlo, seguro que le encuentran cartas hasta en los calzones”, comenta entre dientes.

El cliché resulta instructivo. Johnny infirió los pensamientos y las emociones de Bill mediante una capacidad llamada “teoría de la mente”. Algunos la consideran una forma cognitiva de la empatía. Al descubrir la intención tramposa de su rival mediante claves perceptuales indirectas, el cerebro del pistolero generó un patrón de actividad distintivo en la corteza ventromedial y el surco temporal superior, la amígdala y la ínsula. Dichas estructuras se especializan en procesos inferenciales y emocionales, respectivamente. Debemos este descubrimiento a las investigaciones de Simon Baron-Cohen, Andrew Meltzoff, Uta Frith, Rebecca Saxe y muchos otros –claro que en sus experimentos, hasta donde sabemos, no tuvo lugar balacera alguna–.

En definitiva, las neurociencias han comenzado a iluminar los mecanismos neurobiológicos que nos tornan querendones, enamoradizos, cachondos, compasivos o suspicaces. Las semejanzas que guardan dichos estados se ven reflejadas en el solapamiento parcial de las redes neurales que los sustentan. Somos dueños de nuestros cerebros, pero no tenemos un monopolio sobre su actividad. En ese transitar social que llamamos “vida”, nuestras neuronas ejecutan una sinfonía guiada por dos batutas: la propia y la de quienes nos rodean.

Lo moral, lo inmoral y sus grises intermedios

La trascendencia que soñó Friedrich Nietzsche aún no ha llegado. Vivimos atravesados por preceptos de lo que está bien y lo que está mal, enraizados en la religión y la filosofía antigua. La tradición judío-cristiana, el islam y las religiones del Lejano Oriente han desarrollado listas de conductas encomiables y reprensibles, que moldean nuestro accionar social y nuestros juicios morales. Cada una de estas listas se presume universalmente válida. Para los cristianos, por ejemplo, la moralidad de cualquier persona depende en buena medida de su posición frente a diez oraciones, llamadas “mandamientos”, y siete sustantivos, llamados “pecados capitales”. Las neurociencias ofrecen una visión muy distinta, pues demuestran que la conducta y la cognición moral responden a procesos adaptativos, motivados en parte genéticamente pero influenciados por la cultura, que propenden al placer y la vinculación afectiva. Veamos dos temas a título ilustrativo.

Un dominio estudiado en el campo de la cognición moral es la conducta altruista, es decir, el obrar desinteresado en beneficio del otro. Se tiende a creer que las personas que donan dinero a instituciones caritativas proceden en función de altos valores de dignidad e igualdad. Sin embargo, cuando analizamos el cerebro durante actos benéficos, observamos actividad en los centros de placer (área del tegmento ventral) y las áreas de vinculación que promueven la disponibilidad de oxitocina. Por ende, en términos neurobiológicos, el altruismo se parece bastante a la autosatisfacción y al apego. ¿Será que hasta en la gauchada nos rige el hedonismo?

Otra forma de explorar la organización de nuestros sistemas de valores consiste en evaluar juicios morales. Considere los siguientes casos y responda las preguntas.

Caso 1. Yiya Murano convenció a una amiga de que le prestara una gran suma de dinero. Una tarde, en agradecimiento, le obsequió unas galletitas caseras, muy tentadoras, fresquitas y con una buena dosis de cianuro. Palmó la amiga.

Caso 2. En un programa de chimentos, la guionista Ana Franco deleitaba al público narrando sus desventuras amorosas con un ex novio diabético. Según sus dichos, un día decidió que la mejor forma de terminar la relación era matándolo. Para ello, le dio a beber varias caipiriñas bien cargadas de azúcar. Ante las cámaras, concluyó la historia exclamando: “Así fue tres veces; se tomó las tres [...]. ¡Y no le pasó nada! Nos mirábamos con la mucama y decíamos: ¡Dios, sigue vivo!”. ¿Considera que Yiya, en el caso 1, ha cometido un acto inmoral? ¿Y Ana, en el caso 2?

Si su respuesta a ambas preguntas fue “sí”, entonces coincide con la amplísima mayoría de la sociedad. Al juzgar la moralidad de una acción, nos importa más la intención que el resultado. Distintas son las respuestas que ofrecen los pacientes con lesiones frontales o atrofia en áreas frontotémporo-insulares. Como mostramos en un artículo publicado en *JAMA Neurology*, estos pacientes tienden a pensar que si se intenta matar a alguien pero este no muere, la acción no es tan grave en términos morales. Parece, entonces, que dichas estructuras cerebrales, en conexión con otras redes afectivas, son cruciales para integrar información sobre intenciones y resultados y configurar nuestro universo de valores.

Estas líneas de investigación abren debates con implicancias legales. Si alguien atraviesa penurias psicoafectivas en la infancia, o si presenta tumores o atrofas en las áreas que sustentan la cognición moral, ¿podemos atribuirle potestad sobre sus conductas sociales? Dicho de otro modo, si toda vejación de una norma moral depende de algún descalabro neurobiológico, ¿cabe seguir pensando que toda buena y mala acción proviene del libre albedrío? Una respuesta posible sería que no hay tal cosa como un sujeto culpable del acto inmoral, sino determinismos que guían su obrar.

A nuestro entender, nada parecido debe concluirse sobre la base del conocimiento neurocientífico. Por un lado, existen psicópatas que no presentan ninguna afectación cerebral.¹ Por el otro, en aquellos casos en que la conducta inapropiada sí sobreviene a una afectación cerebral, las áreas implicadas pueden presentar gran variabilidad entre individuos y entre grupos culturales. Por último, adviértase que incluso si se aceptara la postura determinista, esto no implicaría propugnar la amnistía general de todos los criminales. En cambio, la posibilidad del determinismo obligaría a replantear la filosofía que subyace al sistema penal. Tal vez el principio que rige la condena del delincuente guiado por un cerebro alterado ya no debería ser el de culpabilidad, sino el de protección de sus pares. Si bien no nos cabe avalarlas ni rechazarlas, estas son posibilidades que las neurociencias nos obligan a contemplar.

.....
1. Esto, claro, podría deberse a que no existen lesiones ni otras anomalías o a que los métodos actuales no son suficientemente precisos para identificarlas.

Razón social

Las decisiones humanas son formas de razonamiento social. En consecuencia, dependen tanto de mecanismos lógicos como de procesos emocionales e interpersonales. Lo primero lo sabemos hace mucho, pero lo segundo tardó más tiempo en descubrirse.

Las concepciones más difundidas de la toma de decisiones se enraízan en la vieja tradición del racionalismo individual. Tomemos como ilustración la disciplina denominada “economía conductual” (*behavioral economics*), que analiza, entre otras cosas, cómo nos desenvolvemos cuando hay guita de por medio. Desde esta perspectiva, decidir es una facultad racional probabilista del *homo economicus*, anclada en tres procesos principales:

- a) estimar la magnitud de la ganancia y la probabilidad de obtenerla, mediante la actividad de la corteza orbitofrontal;
- b) aprender qué decisiones resultan más favorables, lo cual involucra los ganglios basales y los circuitos de recompensa y placer (núcleo accumbens, amígdala y vías dopaminérgicas, entre otras), y
- c) monitorear las decisiones que tomamos, gracias a múltiples conexiones que vinculan estructuras frontales y temporales con la corteza cingulada anterior.

Según este esquema, los individuos tomamos decisiones en virtud de valoraciones racionales, apoyadas en la experiencia previa y la estimación de qué tan adecuada puede resultar la decisión.

Si bien muchas conductas se pueden caracterizar en dichos términos, este “sistema racional” dista de ser óptimo y de ningún modo basta para explicar la toma de decisiones humana. Amos Tversky y Daniel Kahneman (este último, ganador del Nobel de Economía) han señalado que las personas no somos racionales y que cometemos muchos errores porque nuestra lógica es imperfecta. Además, el tema se complejiza cuando reconocemos que la pertinencia de una decisión en el mundo social no depende únicamente de silogismos y formulitas.

Un buen ejemplo proviene de las conductas observadas en personas con síndrome de Asperger, variante del autismo que implica un nivel cognitivo normal con diversas dificultades sociales. Supongamos que tiene sed y le pregunta a un amigo con Asperger si hay agua en la heladera. Su amigo responde: “Sí, en las células de la berenjena”. Desde el punto de vista lógico-racional, la respuesta es correcta. Sin embargo, en términos comunicativos es, cuanto menos, inadecuada. A causa del Asperger, su amigo no infiere el propósito implícito del enunciado (un pedido de agua) porque le cuesta pensar el mundo de modo colaborativo y social.

La decisión de qué responder ante una pregunta, como la mayoría de las decisiones, depende de la cooperación, la competencia y la puesta en marcha de procesos afectivos (emociones, empatía, pertenencia grupal, valoración, influencia social, teoría de la mente). Por supuesto, hasta las personas más brillantes pueden ser un desastre a la hora de escoger cómo comportarse en un marco social. Sheldon Cooper, el científico misántropo de la serie estadounidense *The Big Bang Theory*, suele tomar pésimas decisiones por operar desde la más estricta racionalidad.

Los psicólogos y los primatólogos del desarrollo (entre ellos, Tricia Striano, Colwyn Trevarthen, Michael Tomase-llo, Elizabeth Bates, Jerome Bruner, Simon Baron-Cohen, Malinda Carpenter y Peter Hobson) dejan en claro que desde la infancia temprana estamos predispuestos a interactuar socialmente. Mediante el aprendizaje de la proto-conversación, la atención conjunta y los gestos declarativos, comenzamos a comunicar nuestra percepción del mundo y construimos una especie de intencionalidad compartida que nos guía en el entorno social. También hemos aprendido mucho al respecto gracias a los desarrollos de la llamada “teoría de juegos”, concebida por John von Neumann. Las neurociencias han descubierto importantes aspectos de nuestra cognición social evaluando las decisiones que se toman en actividades grupales, como el juego de la confianza, el del prisionero o el del ultimátum.

Consideremos este último. Un jugador proponente, Romeo, especifica cómo dividir una suma de dinero (digamos, 10 pesos) con Allen, otro participante. Allen debe decidir si acepta o rechaza la oferta. Si la acepta, se divide la suma tal como propuso Romeo. Si la rechaza, ambos siguen con los bolsillos vacíos. Las ofertas pueden ser justas (5 para Romeo y 5 para Allen) o injustas (por ejemplo, 9 para Romeo y 1 para Allen). Desde una óptica lógico-racional, Allen siempre debe aceptar, porque incluso ante una oferta injusta termina con un caudal mayor que el que posee. Sin embargo, la mayoría de las veces esto no sucede. Las personas, en múltiples y variadas circunstancias, tienden a rechazar las ofertas injustas. El mismo tipo de conducta no racional se observa en todas las actividades que propone la teoría de juegos.

John Nash supo advertir que si los sujetos desarrollan estrategias colaborativas (no individualistas) en el mundo social, terminan maximizando sus ganancias. Así, a la larga, Romeo aprende a no hacer ofertas injustas y Allen aprende a tolerar cierto grado de injusticia. Plántesele usted mismo: va paseando con un amigo; este encuentra cinco billetes de 20 pesos y le ofrece uno. ¿Se siente defraudado? (Y qué tipazo su amigo, que se hizo el sota y nunca atinó a buscar al pobre diablo que extravió la plata.)

El hecho es que los factores sociales y afectivos cambian y restringen las decisiones sociales. Las neurociencias ya han identificado qué áreas del cerebro sustentan estos complejos procesos decisionales. La ínsula y el cíngulo (dos regiones asociadas a la estimación individual de una decisión) se comportan de manera muy opuesta cuando el proponente hace ofertas justas o injustas. Su nivel de activación relativo modifica nuestra valoración de la oferta. La estimación racional de una decisión también involucra la región orbitofrontal, que se activa más al ganar que al ceder dinero, especialmente cuando venimos en una mala racha. Sin embargo, el patrón se invierte si venimos ganando mucho.

El placer que experimentamos al ganar se lo debemos en parte a la amígdala. Esta estructura se activa especialmente cuando el jugador obtiene una ganancia compartida con otros participantes, pero ello solo pasa si el jugador posee características prosociales. En los jugadores individualistas, ante la misma situación, se observa una reducción de la actividad amigdalina. Además, el cerebro regula nuestro nivel de satisfacción según la opinión de la mayoría. Por ejemplo, el estriado ventral (área asociada a la recompensa y el placer) se activa frente a rostros que el participante considera

atractivos, siempre y cuando otros jugadores compartan su juicio. Cuando a los oponentes la caripela no les resulta tan linda como al participante, la actividad del estriado ventral disminuye.

Vemos, pues, que las decisiones en el mundo social van mucho más allá de la fría y estricta racionalidad individual. Al optar por A o por B, las redes que sustentan procesos de estimación individual (valoración, monitoreo de la decisión y aprendizaje por recompensa) se coactivan con otras que regulan procesos emocionales y sociales. No importa qué le haya dicho su profesor de Contabilidad en la secundaria, no hace falta fundar una empresa para tener una razón social.

EL MAQUIAVELISMO, NUESTRO PRINCIPAL MODUS OPERANDI

Durante décadas, gracias a la escoba del racionalismo y el computacionalismo, los aspectos socioafectivos de la mente quedaron ocultos bajo la alfombra. La neurociencia social llegó para ocuparse de esa polvareda de problemas científicos y demostrar la naturaleza maquiavélica de nuestra cognición. No se trata, sin embargo, de hacer borrón y cuenta nueva. Para entender cómo pensamos, cómo actuamos y quiénes somos, no nos alcanzará con estudiar solo la mente informada o solo la maquiavélica. El gran desafío es descubrir cómo interactúan en cada pequeño acto de la vida diaria.

Ya hay líneas de investigación promisorias en este sentido. Los estudios sobre la llamada “red de saliencia”, encargada de detectar la relevancia de un evento, demuestran que los procesos sociales complejos dependen de redes cere-

brales generales, guiadas principalmente por la actividad orquestada de la ínsula y el cíngulo. También auguramos avances importantes en el estudio de la red de contexto social, identificada por nuestro equipo. Este circuito, extendido a lo largo de regiones fronto-témporo-insulares, interviene en la predicción del significado social de una situación sobre la base de las experiencias previas y la información contextual. Cuanto más sepamos sobre estos mecanismos, más cerca estaremos de comprender nuestra mente maquiavélica y, con ella, nuestra identidad humana.

La mente charleta

.....

Donde le mostramos esos recovecos del cerebro
que le permiten leer este libro, resumirlo por escrito
y discutirlo en una mesa de café

Dejemos a dos personas solas en una habitación y lo veremos florecer, primero tímido y vergonzoso, luego cándido y visceral. Es el desencadenante de las relaciones más íntimas (y de las más superficiales). Sin embargo –seamos honestos–, también lo practicamos en soledad. Es casi ubicuo en nuestro pensamiento. Para algunos es un vehículo de placer; para otros, una herramienta comercial. En él intervienen los labios, la lengua, las manos, los oídos y los ojos, pero en lo más crucial depende de otro órgano. Se trata del lenguaje, una facultad mental que nos permite hacer miles de cosas cotidianamente: informar, conmover, discutir, convencer e incluso, como demuestra este párrafo, deschavar las fijaciones de nuestra cognición mediante dobles sentidos.

AL INTERIOR DEL *HOMO GRAMMATICUS*

En el concierto de mentes que propone el presente libro, la mente charleta goza de una condición privilegiada. Si bien

otras especies poseen mentes informadas y (proto)maquiu-
véticas, la mente charleta es patrimonio exclusivo del ser
humano. De ahí que usted, y no su perro ni su loro, pueda
acceder a este libro y comentarlo con sus amigos (sin mayo-
res vituperios hacia los autores, esperamos).

Ahora, no todos sus antecesores podrían haber hecho lo
propio. La evidencia antropológica y arqueológica sugiere
que el *Homo erectus* carecía de tal facultad. La comunica-
ción verbal surgió hace algunos cientos de miles de años
(apenas un vueltito en términos evolutivos), gracias a
diversas adaptaciones biológicas, como el descenso de la
laringe, la expansión de la faringe y, en particular, ajustes
estructurales y funcionales en el nivel cerebral. Dichas
modificaciones nos permiten incorporar y procesar patro-
nes de información que otras especies seguramente des-
conocen (fonemas, letras, morfemas, palabras, estructuras
sintácticas). A pesar de la juventud evolutiva de la mente
charleta, el hombre encuentra en ella un recurso tan indis-
pensable que algunos pensadores lo describen como *Homo*
grammaticus.

Durante siglos, el estudio del lenguaje se vio dominado
por perspectivas externistas. Estas corrientes teóricas lo
concebían como una entidad que existe en el conjunto de la
masa hablante y evitaban (o desdeñaban) el estudio de la
“caja negra” de la cognición. La situación cambió a mediados
del siglo XX, cuando Noam Chomsky demostró las limitacio-
nes de tales enfoques y legitimó la investigación internista.
La revolución cognitiva dejó en claro que no se pueden
entender la estructura y el procesamiento del lenguaje sin
considerar qué pasa de la cabeza para adentro. Desde enton-
ces surgieron múltiples abordajes para investigar la mente

charleta. La disciplina que lo hace desde la óptica de las neu-
rociencias se llama “neurolingüística”.¹

Chomsky permitió que la lingüística diera un paso esen-
cial hacia el cognitivismo, pero también le puso muchas
piedras en el camino. Primero, estableció que solo debía
estudiarse la competencia lingüística abstracta del indivi-
duo y no cómo esta se ponía en uso. Así, Chomsky estigma-
tizó el estudio del diálogo y de los aspectos pragmáticos de
la interacción verbal. Segundo, popularizó la idea de que el
lenguaje es un módulo encapsulado cuyos principios de fun-
cionamiento no se ven afectados por otros dominios. De este
modo, sacó de foco los vínculos entre el procesamiento ver-
bal y otros sistemas cognitivos. Tercero, también se mani-
festó en contra de las neurociencias, declarando, entre otras
cosas, que “no estamos ni siquiera cerca de saber lo sufi-
ciente sobre el cerebro como para que la ciencia cognitiva lo
tome en serio”. Hoy, luego de décadas de investigación guia-
das por los dos primeros dogmas, la neurolingüística no solo
ha revelado la organización cerebral del conocimiento lin-
güístico, sino que también ha comenzado a desentrañar sus
aspectos interactivos y sus relaciones con otros dominios.
En su breve historia, de paso, ha demostrado sobradamente
la miopía de la cita anterior.

La neurolingüística ha avanzado sobre múltiples temas,
como el papel de las neuronas y los circuitos neurales en
el procesamiento lingüístico, los procesos de adquisición y
aprendizaje de habilidades verbales, las bases genéticas del

.....
1. Separemos la paja del trigo. No confundamos la neurolingüística con la llamada “programación
neurolingüística”. Hablaremos más sobre esa pseudociencia en el capítulo 7.

lenguaje, la detección de áreas cerebrales críticas para la mente charleta y los aspectos neurofisiológicos del procesamiento léxico y oracional. En lo que sigue nos referiremos a estas dos últimas cuestiones, con énfasis en los hallazgos más firmes del campo.

LENGUAJE, Y VOS, ¿DE QUÉ LADO ESTÁS?

El planeta cerebro comprende dos hemisferios, unidos por un puente de conexiones neurales llamado “cuerpo calloso”. Curiosamente, las principales funciones de cada hemisferio están contralateralizadas. El hemisferio izquierdo (HI) procesa los movimientos de la parte derecha del cuerpo y la información proveniente del campo visual y el oído derechos. El hemisferio derecho (HD) se ocupa del otro lado. A pesar de lo que parece a primera vista, los hemisferios no son exactamente simétricos. En el HI, la cisura de Silvio es más extensa y horizontal, el plano temporal es casi un centímetro más extenso y los lóbulos occipital y parietal inferior son más amplios. Por su parte, el HD presenta una mayor proporción de materia blanca. Estas y otras asimetrías estructurales, presentes desde las treinta semanas de gestación, se correlacionan con asimetrías funcionales, como se evidencia al estudiar el lenguaje.

Hace unos ciento cincuenta años, el neurólogo francés Paul Broca documentó ocho casos consecutivos en los que una lesión en el HI redundó en trastornos del procesamiento verbal. Ante la evidencia, afirmó: “Nous parlons avec l’hémisphère gauche” (“hablamos con el hemisferio izquierdo”). Además, postuló que esta dominancia

izquierda guardaba relación con la preferencia manual diestra.

En términos generales, podemos concederle la razón a Broca; pero, si nos ponemos quisquillosos, su sentencia es errónea. Primero, solo algunas de las funciones que intervienen en la comunicación verbal se hallan lateralizadas en el HI, a saber, la producción y la percepción fonológicas, la producción y la percepción gráficas, la gramática y buena parte del léxico (nos referiremos a estas como “funciones centrales”). Segundo, aun si nos ceñimos solo a dichas funciones, la afirmación no es directamente aplicable a *todas* las personas del mundo. Tercero, el HD no se va a quedar callado en esta historia.

Se estima que el 90% de la población mundial es diestra. Del total de los diestros, un 95% manifiesta dominancia izquierda para las funciones centrales. En cambio, en los no diestros (zurdos y ambidiestros), la dominancia lingüística del HI cae al 70% (del 30% restante, la mitad procesan las funciones centrales en el HD y los demás lo hacen de modo bilateral).

Hechas estas salvedades, el éxito predictivo de la hipótesis de Broca es admirable. En 1961, William Russell y Michael Espir estudiaron las funciones centrales de más de seiscientos soldados con lesiones cerebrales. De trescientos cuarenta y ocho pacientes con lesiones izquierdas, doscientos trece manifestaron disfunciones lingüísticas. De los doscientos setenta y seis casos con lesiones derechas, solo diez manifestaron tales trastornos. Años más tarde, Henry Hécaen y Martin Albert observaron que menos del 2% de los pacientes con daño en el HD presentaba dificultades lingüísticas.

Como si las patologías y las guerras no bastaran, algunos neurolingüistas decidieron contrastar la hipótesis de Broca generando lesiones virtuales y efímeras en el cerebro de sus pacientes. A mediados del siglo XX, Penfield popularizó la técnica de electroestimulación cortical, que consiste en la aplicación de pequeños choques eléctricos en zonas predefinidas de la corteza mientras el paciente realiza una determinada tarea (por ejemplo, contar en voz alta).² A diferencia de otras partes del cuerpo, el cerebro casi siempre responde a la estimulación eléctrica inhibiendo su actividad. En un estudio muy citado, este investigador observó que la estimulación de la región perisilviana izquierda producía perturbaciones lingüísticas en el 95% de los casos, mientras que la estimulación del HD prácticamente no generaba dificultad verbal alguna. Décadas más tarde, una réplica del estudio constató esas conclusiones.

Lo que nos indican estos pacientes con hemisferios dañados lo corroboran otros con hemisferios dormidos. El llamado “Test de Wada” consiste en la aplicación de amital sódico en una arteria carótida. Dicha sustancia llega al torrente sanguíneo cerebral y anestesia el hemisferio ipsilateral (es decir, el que está del mismo lado de la arteria inyectada). Casi todas las personas sometidas a esta prueba manifiestan impedimentos lingüísticos cuando se anestesia su HI, pero no cuando se anestesia su HD.

.....
2. Que nadie se horrorice. Como el cerebro carece de nociceptores (receptores de dolor), estos choques eléctricos no producen padecimiento alguno. Eso sí: varios pacientes reportan percibir un sabor metálico durante las pruebas.

¿Y qué pasa en la vereda de enfrente? ¿Acaso el HD es “mudo”? No exactamente. Sucede que las tareas lingüísticas empleadas en los estudios referidos suelen consistir en la producción de palabras u oraciones aisladas. Hete aquí que el HD se especializa en el procesamiento de aspectos más contextuales del lenguaje, como las habilidades pragmáticas.

Antes que nada, el HD cumple una función de soporte ante lesiones masivas del HI. Los pacientes con daño global izquierdo recuperan algunas habilidades verbales gracias al auxilio del HD. Si su desgracia es tal que luego sufren otra lesión derecha, los déficits lingüísticos se acentúan (y lo mismo sucede cuando se les anestesia el hemisferio sano). La participación del HD en el procesamiento del lenguaje residual de estos pacientes se ha corroborado mediante experimentos de EMT (técnica descripta en el capítulo 1).

Más específicamente, el HD se vincula con aspectos puntuales del procesamiento léxico-semántico, como la elección de palabras para completar una definición o la denominación de imágenes. Los pacientes diestros con lesiones derechas manifiestan alteraciones en estas tareas pero preservan sus habilidades sintácticas y fonológicas. Además, presentan dificultades para interpretar los significados metafóricos de las palabras, pero no sus significados literales. Por ejemplo, comprenden que “banco” puede referirse a un mueble o a una entidad financiera, pero no entienden que “caliente” puede denotar un estado de enojo o excitación.

El HD también tiene un papel clave en la prosodia emocional, es decir, las inflexiones de pausa, acento y entonación mediante las que denotamos alegría, miedo o tristeza en

nuestros enunciados. Asimismo, es importante para la prosodia de modalidad, es decir, aquellas inflexiones que permiten distinguir, por ejemplo, entre una afirmación (“Holdsworth es el guitarrista más genial de la historia”) y una pregunta (“¿Holdsworth es el guitarrista más genial de la historia?”).

De modo más general, el HD se encarga del procesamiento pragmático. Los pacientes con lesiones derechas presentan dificultades para producir un discurso coherente (incurren en frecuentes digresiones y cambios de tema), identificar el meollo de una historia (les cuesta elegir una frase que resuma el tema principal de un texto) e interpretar la información implícita en un texto (no logran inferir la moraleja en una fábula). También les resulta difícil reconocer la ironía y el humor e interpretar actos de habla indirectos. Por ejemplo, no comprenderían por qué un hombre, mientras su esposa mira un insufrible culebrón venezolano, pregunta: “¿Se quedó sin pilas el control remoto?”. El papel del HD para el procesamiento pragmático también queda de manifiesto en estudios de neuroimágenes. En particular, diversas áreas frontales y temporales derechas (que no se activan durante la ejecución de funciones centrales) participan del procesamiento de enunciados irónicos, chistes y metáforas.

En resumen, ambos hemisferios participan del procesamiento verbal, pero cada uno cumple tareas diferentes. Así, los hallazgos recientes de la neurolingüística nos obligan a matizar la centenaria afirmación de Broca. Diríase que en términos de organización cerebral, como en el accionar de algunos políticos, en el decir prepondera la izquierda pero en lo pragmático se usan mecanismos de derecha.

JUNTOS, PERO NO MEZCLADOS

Las funciones centrales se representan asimétricamente en el HI. Ahora, ¿están todas juntas o separadas? O para ponerlo en términos más precisos: ¿todas dependen de las mismas redes neuronales o cada una depende de una red distinta?

La primera aproximación a este problema consistió en estudiar pacientes con déficits selectivos en alguna de sus habilidades lingüísticas, esperar a que se murieran y luego observar sus cerebros para determinar qué región estaba dañada. En 1861, nuestro buen amigo Broca describió un caso revolucionario. Se trataba de un zapatero parisino cincuentón, de nombre Leborgne, que a los 30 años había sufrido un derrame cerebral. Desde entonces, había perdido la capacidad de hablar. Si bien podía emitir sonidos aislados, silbar y entonar melodías, cada vez que intentaba decir algo espontáneamente solo lograba pronunciar la sílaba /tan/ (por eso, en ausencia de toda corrección política, el mundo científico lo recuerda como “*monsieur Tan*”). Sin embargo, su comprensión verbal estaba intacta. Además, cabe aclarar, el déficit no se debía a ningún problema articulatorio; la lengua, la mandíbula y los demás órganos fonatorios le funcionaban a la perfección.

Algunos meses después Broca dio con otro paciente, llamado Lelong, que presentaba un cuadro similar. En análisis post mórtem, observó que ambos cerebros presentaban una lesión focalizada en el giro frontal inferior y concluyó que este era “el asiento del habla articulada”.³ Hoy en día, esta región

.....

3. No obstante, un análisis de ambos cerebros mediante resonancia de alta resolución reveló que las

se conoce como “área de Broca” (zona que incluye el giro frontal inferior, el pars opercularis y el pars triangularis).

Antes de que se tilde a Broca de ególatra o propagandista, aclaremos que no fue él quien bautizó dicha estructura (distingámoslo, por favor, de aquel gobernador que en 2001 regalaba zapatillas con su firma estampada en la lengüeta). El rótulo fue propuesto por el neurólogo alemán Carl Wernicke, a quien también debemos un hallazgo clave. En 1874, con apenas veintiséis años, Wernicke documentó numerosos casos de pacientes cuyas habilidades de producción verbal estaban mayormente intactas pero que manifestaban severos trastornos de comprensión. En estos pacientes, las lesiones afectaban un área muy distinta: el giro temporal superior. Luego de varios análisis, Wernicke concluyó que esta región era clave para procesar las imágenes auditivas de los sonidos del habla (cuya activación es indispensable para poder llegar a los significados de las palabras).

Las áreas de Broca y Wernicke, junto con otras estructuras, constituyen la región perisilviana, pues rodean la cisura de Silvio. El papel crítico de estas áreas para las funciones centrales se corrobora por la observación de que casi todas las personas diestras con lesiones perisilvianas izquierdas presentan trastornos selectivos del lenguaje. Tales trastornos se conocen como “afasias” (en griego, carencia de habla). Sin embargo, sería un error interpretar el término desde la estricta etimología. Como hemos visto, muchos afá-

lesiones se extendían a regiones mediales y la ínsula, estructura que debe estar afectada para que se observe un trastorno afásico no transiente (es decir, perdurable).

sicos no carecen de habla, sino que se ven afectados en otras habilidades lingüísticas.⁴

Gracias a experimentos de neuroimagen, hoy sabemos que el área de Broca se especializa en la producción fonológica, el procesamiento gramatical y aspectos específicos de la semántica (ojo, también hace muchas otras cosas no lingüísticas). Por su parte, el área de Wernicke tiene un papel clave en la discriminación fonológica y el procesamiento léxico-semántico. Dentro de estas áreas, existen diversos circuitos neuronales que sustentan críticamente una u otra función. Por ejemplo, la evidencia de RMNf indica que el área de Broca incluye distintas subregiones encargadas de procesar información fonológica (pars opercularis), sintáctica (pars triangularis y área frontomedial 46) y semántica (pars triangularis y área orbital 47).

Al igual que sucede con las habilidades de producción y comprensión oral, la lectura y la escritura dependen de sistemas cerebrales diferentes. Debemos este descubrimiento a otro neurólogo francés decimonónico. En 1892, Joseph Jules Dejerine documentó el primer déficit selectivo en el reconocimiento visual de letras escritas. El paciente, conocido como “señor C.”, preservaba todas las demás facultades intelectuales y lingüísticas, incluso la capacidad de escribir. Su habilidad visual para reconocer objetos y rostros también

4. Hoy en día se distinguen varios tipos de afasia, con sintomatologías lingüísticas distintivas. Además de las perisilvianas (afasia de Broca, afasia de Wernicke y un tercer tipo, llamado “afasia de conducción”), existen varias extrasilvianas. La principal diferencia clínica entre ambos tipos es que solo las primeras involucran déficits marcados en la habilidad para repetir enunciados orales. También existen afasias primarias progresivas, patologías neurodegenerativas en que las habilidades verbales (y otras funciones) se deterioran cada vez más con el paso del tiempo.

estaba intacta. Este patrón se replicó en múltiples casos a lo largo del siglo XX.

La patología en cuestión se denomina “alexia pura” o “alexia sin agrafia”, formas breves de decir “incapacidad de lectura sin incapacidad de escritura”.⁵ El ávido lector y novelista canadiense Howard Engel, quien padece este trastorno desde 2001, lo describe en estos términos: “Fue como si me dijeran que me tenían que amputar la pierna derecha, pero que me podía quedar con el zapato y la media”. (¿Sería demasiado impertinente invocar su caso en una versión neurocognitivista del “Poema de los dones”?)

Los aléxicos puros presentan lesiones en la región témpero-occipital ventral izquierda. Expertos mundiales, de la talla de Laurent Cohen y Stanislas Dehaene, se refieren a esta región como “el área visual de las palabras” o como “la caja de letras del cerebro”. Su especificidad para el procesamiento de la palabra escrita se corroboró mediante estudios de neuroimágenes. En un experimento fundacional publicado en 1988, Steven Petersen y colaboradores registraron patrones de actividad cerebral en un grupo de voluntarios en diversas condiciones: mientras estaban en reposo (sin pensar en nada), mientras leían palabras en silencio y mientras repetían palabras. Al compararse las áreas activadas en una y otra condición, se estableció que la lectura depende específicamente de la región témpero-occipital izquierda y que esta se conecta de modo bidireccional con otras áreas especializadas en el procesamiento fonológico y semántico.

.....
5. Si había pensado en Alexia como nombre para su futura hija, acaso estos párrafos le permitan apreciar las bondades de los clásicos Juana y María.

La contracara de la alexia pura es la agrafia pura. Esta patología supone una disfunción de la producción escrita que no se debe a un problema motor y que ocurre mientras otros dominios cognitivos (incluso los verbales) permanecen intactos. Los casos de agrafia pura, menos prevalentes que los de alexia pura, por lo general implican lesiones izquierdas, focalizadas en el lóbulo parietal y en áreas motoras del lóbulo frontal. Además de la agrafia pura, existen otros tipos de agrafias centrales y periféricas (y lo mismo sucede con las alexias); sin embargo, eso es yerba para otro mate.

En suma, de esta evidencia se derivan dos valiosas lecciones sobre la topología de la mente charleta. Primero, el lenguaje no está en un solo lugar del cerebro, como otrora sostenían los frenólogos. Por el contrario, dicha facultad depende de redes neuronales ampliamente distribuidas a lo largo de varias regiones. He ahí la causa de que las habilidades lingüísticas se vean alteradas por lesiones en zonas diversas del tejido cerebral. Segundo, el lenguaje no es un todo homogéneo e indiviso. De hecho, el cerebro posee sistemas disgregados, especializados y disociables que se encargan de procesar distintos tipos de información verbal. Por ello, un paciente afásico puede presentar déficits lingüísticos en cierta función o modalidad sin que otras se vean afectadas.

La autonomía funcional de estas redes nos permite entender fenómenos cotidianos. Por ejemplo, que haya un sistema de reconocimiento fonológico independiente de otro de producción fonológica es parte de la explicación de por qué los niños son capaces de comprender enunciados lingüísticos mucho antes de poder producirlos. Tam-

bién hay implicancias educativas de estos datos. Dado que la lectura y la escritura dependen de sistemas cerebrales funcionalmente independientes, es un error pensar que, durante la alfabetización, la práctica extensiva de la lectura redundará de manera automática en mejores habilidades de escritura.

TIEMPO AL TIEMPO (O EL VOLTAJE DE LAS PALABRAS)

Pocos cerebros (como el de Borges o el de William Faulkner) han sido capaces de generar textos electrizantes. Sin embargo, cualquiera de nuestros cerebros, no importa cuán grande sea la pavada que se esté diciendo, pone en juego señales eléctricas durante el procesamiento verbal. Dichas señales pueden registrarse y medirse mediante la técnica de ERP, que, entre otras cosas, nos permite saber *cuándo* se procesan distintos aspectos de un estímulo (¿se acuerda del capítulo 1?). Por ejemplo, aunque cuando escuchamos una palabra en una oración tenemos la sensación de que la entendemos de un saque, el cerebro realiza diversos procesos en diferentes momentos. Veamos qué nos revelan los ERP al respecto.

Una serie de estudios mostró cuánto demora el cerebro en procesar los aspectos fonético-fonológicos de las palabras. En estos experimentos, mientras el participante lee un libro o ve un programa de televisión, se presenta una sílaba frecuentemente y, de tanto en tanto, otra sílaba distinta (por ejemplo, /pa/ /pa/ /pa/ /pa/ /gu/ /pa/ /pa/ /pa/ /gu/ /pa/ /pa/). La sílaba discrepante genera una fluctuación eléctrica de polaridad negativa a los 130-150 milisegundos y esta

se mantiene activa hasta los 250-300 milisegundos. Dicho efecto, conocido como “potencial de disparidad” [*mismatch negativity*, MMN], indica que el cerebro accede a la información fonológica de los estímulos a tal velocidad que ni siquiera somos conscientes del proceso.

Mediante experimentos de este tipo también se descubrió en qué momento el cerebro infantil comienza a especializarse en la discriminación de fonemas de la lengua materna. Hasta los 6 meses, el cerebro del bebé arroja un MMN independientemente de si la sílaba discrepante incluye fonemas de la lengua de su entorno o de cualquier otra. Sin embargo, hacia el primer año de vida, las sílabas discrepantes de la lengua del entorno generan un MMN mucho más amplio que las que pertenecen a otro idioma. Esto indica que la experiencia lingüística cristaliza la capacidad de percibir categorías fonológicas de la lengua materna y que, a los doce meses de vida, el cerebro empieza a devenir “sordo” a los contrastes fonológicos de otras lenguas.

Los experimentos de ERP también revelaron cuánto tardamos en procesar el significado de una palabra. Para ello se les solicitó a los participantes que leyeran oraciones en silencio, palabra por palabra, y se manipuló la unidad léxica final. En algunos casos, esta era semánticamente congruente (“El sapo va a *saltar*”); en otros, esta era incongruente (“El sapo va a *escribir*”). Las palabras incongruentes generan una deflexión negativa alrededor de los 400 milisegundos luego de ser presentadas (a saber, un N400). Dicha deflexión no surge ante las palabras congruentes ni ante manipulaciones fonológicas o sintácticas. Tal hallazgo demuestra que el cerebro tarda menos de medio segundo en acceder a la

información semántica e integrarla al contexto lingüístico precedente.⁶

Una fracción de segundo después el cerebro lleva a cabo un proceso sintáctico. Si la oración presentada incluye una violación sintáctica (“El sapo va a *saltando*”), se genera un componente positivo alrededor de los 500-700 milisegundos (en términos técnicos, un P600). Este componente no se observa ante violaciones semánticas. Sin embargo, ante palabras que son incongruentes tanto semántica como sintácticamente (“El sapo va a *escribiendo*”), se origina un doble patrón N400-P600. Se sigue que alrededor de medio segundo después de procesar un estímulo léxico, el cerebro monitorea su adecuación sintáctica al marco oracional.

Toda esta evidencia indica que incluso las tareas lingüísticas más triviales ponen en juego múltiples procesos discernibles en pequeñísimas fracciones de tiempo. Cuando percibimos una palabra, nuestras neuronas se turnan para discriminar sus fonemas, acceder a su significado y constatar su congruencia sintáctica. Con todo, los ERP aún no explican en qué momento su cerebro decidió que esta sección se estaba poniendo densa. Ante la duda, cambiemos de tema.

ABRIRSE AL DIÁLOGO Y DEJAR DE MIRARSE EL OMBLIGO

Un dogma, para imponerse, no necesita ser sensato ni plausible. Solo requiere de un buen vocero y un contexto per-

6. Mediante mediciones del N400, nuestro equipo demostró que el cerebro procesa incongruencias semánticas en secuencias complejas aun durante el sueño. ¿Quién lo diría? El cuchicheo cerebral no se suspende ni cuando torra.

tinente. Luego, la tradición hará el resto. La primacía del conocimiento individual sobre el uso y el concepto de modularismo hallaron en Chomsky un argumentador astuto, prolífico e influyente; pero no se puede tapar el sol con la mano. Diversas aproximaciones innovadoras a la investigación neurolingüística están demostrando la improcedencia de ambas nociones.

La idea de que el cognitivismo debe estudiar el conocimiento abstracto del lenguaje y no así su empleo en situaciones comunicativas hizo mella en la neurolingüística. De hecho, casi la totalidad de la evidencia proviene de individuos que realizan tareas verbales de modo aislado. Estos datos son cruciales, pero se quedan cortos si queremos entender la mente charleta en su plena naturaleza. El hecho es que el lenguaje cobra vida en la interacción con otros. ¡Hasta el personaje de Tom Hanks en *Náufrago* sentía la necesidad de hablar *con* alguien (o algo)! Lentamente, el estudio neurocientífico del diálogo nos revela aspectos impensados de la interacción verbal.

En particular, la técnica de *hyperscanning* permite obtener registros cerebrales de dos personas en simultáneo mientras realizan tareas interactivas, como conversar. Mediante este enfoque se ha demostrado que la comunicación eficaz aumenta la sincronía y la coactivación de las mismas áreas en los cerebros de los interlocutores. La coordinación cerebral aumenta proporcionalmente al éxito de la comunicación y desaparece cuando el diálogo fracasa (por ejemplo, cuando los interlocutores no hablan la misma lengua). Cuando uno asume el rol de oyente, se activan áreas como el estriado y la corteza prefrontal medial y dorsolateral, todas implicadas en la anticipación de situaciones.

Además, la sincronización intercerebral (sobre todo en el giro frontal inferior) se maximiza cuando hablamos cara a cara y desaparece cuando hablamos de espaldas al otro. Esto sugiere que cuando charlamos con otra persona nuestros cerebros se alinean y se escudriñan según lo requiera la situación comunicativa.

¿Y qué hay del dogma de que el lenguaje es un módulo encapsulado que funciona según sus propios principios, independientemente de los procesos de otros dominios? La neurolingüística también nos invita a cuestionar esta idea. Tomemos por caso el procesamiento de los verbos de acción, es decir, los que denotan movimientos corporales, como *saltar* y *aplaudir*. Diversos experimentos de nuestro equipo demuestran que estos verbos activan circuitos neuronales que normalmente operan cuando de hecho saltamos o aplaudimos. Por ejemplo, en la tarea de compatibilidad acción-oración, los participantes escuchan oraciones que involucran acciones realizadas con mano abierta (aplaudir) o con mano cerrada (martillar). Ni bien comprenden el significado de cada oración, deben presionar un botón con la mano en determinada posición (abierta o cerrada). Así, pues, surgen ensayos compatibles (por ejemplo, respuesta de mano abierta ante verbo de mano abierta) e incompatibles (por ejemplo, respuesta de mano abierta ante verbo de mano cerrada). Las personas sin problemas neuronales responden significativamente más rápido en los ensayos compatibles, lo cual sugiere que el sistema motor y el lingüístico se coactivan durante el procesamiento.

Además, mediante registros de ERP se demostró que la interacción neural entre ambos sistemas es bidireccional (el sistema motor se ve influido por el lingüístico y viceversa).

Por si esto fuera poco, tal efecto de facilitación desaparece en pacientes con enfermedades neurodegenerativas motoras, como las enfermedades de Parkinson y de Huntington. Más aún, dichos pacientes presentan déficits selectivos en la producción y la comprensión de verbos de acción sin manifestar dificultades comparables al procesar sustantivos o incluso verbos de cognición, como *imaginar*. Parece, pues, que los verbos de acción se encarnan de modo diferencial en mecanismos cerebrales más básicos (los sistemas motores). Si lee la Biblia, le será difícil no pensar en esto al llegar a Juan 1:14, con su “Y aquel Verbo fue hecho carne...”.

CEREBRO, TIENE LA PALABRA

La neurolingüística nos ha dado lecciones clave sobre la organización y el funcionamiento de la mente charleta. Para ir aún más allá, debemos abandonar el dogma chomskiano y estudiar el diálogo y los vínculos entre el lenguaje y otros dominios cognitivos. Es posible que las neurociencias aún no estén en condiciones de abordar estas cuestiones en toda su complejidad. Sin embargo, lo poco o mucho que ya tienen para decirnos no se puede tomar con liviandad. Nadie tendrá la última palabra sobre el lenguaje sin considerar el órgano que la genera.

La mente enferma

.....

Donde recorreremos el bestiario de la cognición y descubrimos que el cerebro tiende a corroborar la famosa ley de Murphy

BESTIARIO DE LA COGNICIÓN

A Mariano le amputaron la mano derecha; hoy, cuando va a tomar café, siente que esta se le adelanta e intenta agarrar la taza antes que la zurda. Eugenia está convencida de que su esposo, Ariel, ha sido sustituido por un doble impostor que lo imita a la perfección. María no logra discriminar dos melodías familiares, como “Feliz cumpleaños” y “Arroz con leche”; aunque puede hablar con normalidad, es incapaz de tararear canciones y la música no le produce placer alguno.

Al pasar frente a una iglesia, Álvaro siente deseos irrefrenables de insultar a Dios; solo logra contenerse si se pone a contar las baldosas de la vereda una y otra vez. Sol es hablante nativa de español y maneja el francés con gran fluidez; ahora no puede producir ni una sola palabra castellana aunque su desempeño en la lengua extranjera se mantiene intacto. Ezequiel siente que no le funcionan los intestinos, que no le late el corazón, que se le secó la sangre y que no

tiene cerebro; incluso afirma oler la hediondez que emana su cuerpo putrefacto.

Indira ve que sus padres se acercan pero no puede reconocer sus caras; para saber quiénes son, debe fijarse en su peinado, su vestimenta, su forma de moverse, su voz; tampoco se reconoce a sí misma frente al espejo y se sorprende cuando le indican que el rostro reflejado es el suyo. Lucía está convencida de que bajo la piel de su antebrazo circulan cientos de gusanitos; día y noche intenta aplastarlos con los dedos y, en momentos de desesperación, trata de extirpárselos con objetos cortantes. Sandra siempre fue una joven recatada, cariñosa y de dieta estricta; para sorpresa de todos, los últimos meses se volvió impulsiva y lujuriosa, dejó de sentir empatía por sus seres queridos y no para de embuchar golosinas.

“Hola, ¿cómo te llamás?”, le pregunta Marcos a su nuevo compañero; este responde: “Hola, soy Adrián”; pasados unos instantes, Marcos olvida la respuesta y arremete: “Hola, ¿cómo te llamás?”; “Adrián”, responde el otro; luego, Marcos insiste con genuino interés: “Hola, ¿cómo te llamás?”... Federico escucha que los tangos de Piazzolla son azules, mientras que las sonatas de Bach se le revelan marrones. Lucas, que posee gran habilidad para realizar cálculos complejos con números primos y domina varias lenguas antiguas, es incapaz de comprender chistes y metáforas. Al entrar en la verdulería, por más que lo intente, Margherita no puede evitar estallar en puteadas hacia los vendedores y comentarios sobre la celulitis de las clientas.

Todas las conductas anteriores son producidas por alguna alteración cerebral. Se las conoce, respectivamente, como “miembro fantasma”, “síndrome de Capgras”, “amusia”,

“trastorno obsesivo compulsivo”, “afasia primaria progresiva selectiva”, “síndrome de Cotard”, “prosopagnosia”, “síndrome de Korsakoff”, “demencia frontotemporal”, “amnesia anterógrada”, “sinestesia adquirida”, “síndrome de Asperger con alto rendimiento cognitivo” y “síndrome de Tourette”. Estos son apenas algunos ejemplos de cómo puede enfermarse la mente a causa de una afectación más o menos sutil de la dinámica cerebral.

Al construir o destruir la realidad en que se mueve el individuo, un trastorno cerebral conlleva penurias y sufrimientos. Sin embargo, las neurociencias logran rescatar un aspecto positivo del bestiario de la cognición. Según uno de los popes del campo,

la enfermedad neurológica puede ser un pozo sin fondo para sus víctimas [...]. Pero el escalpelo de la enfermedad es también responsable de su única característica redentora: al desmenuzar las operaciones normales del cerebro humano, a menudo con extraña precisión, la enfermedad neurológica proporciona una entrada única a la ciudadela fortificada del cerebro y la mente humanos.¹

Tal vez sea cierto que todo lo que puede fallar fallará; pero no menos cierto es que toda falla nos puede indicar algo sobre la organización y el funcionamiento de la entidad fallida. A esta premisa se aferra el neurocientífico al emprender el estudio de la mente enferma.

.....
1. Damasio, A. R. (2014), *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*, Buenos Aires, Paidós, p. 16.

UNA CUESTIÓN DE NIVELES

Siglos y siglos de pacientes, médicos, divanes, quirófanos, tests neuropsicológicos, y aún se ignoran las causas de la mayoría de los trastornos psiquiátricos y cognitivos. Para revertir la situación, la comunidad científica le ha puesto todas las fichas a las neurociencias. Hoy las enfermedades mentales ya no solo se caracterizan sobre la base de su sintomatología, sino también mediante sus correlatos cerebrales.

El cerebro se puede despelotar en múltiples formas, ya sea por alteraciones moleculares, ineficacias en la neurotransmisión, activaciones atípicas, disfunciones en redes neuronales, lesiones focales o difusas, y procesos neurotóxicos o degenerativos, entre otros. Con tantas cosas que pueden fallar, lo sorprendente es que la mayoría de los cerebros funcionen (relativamente) bien. Piense, si no, en cuántos desperfectos suceden día a día en artilugios infinitamente más sencillos, como los celulares, los discos rígidos y los autos.

Que no le vendan un buzón. Casi todos los trastornos cognitivos, afectivos, conductuales o psiquiátricos sobreviven a alguna alteración cerebral –y en esta oración el “casi” seguramente esté de más–. Las causas implican distintos niveles. Por ejemplo, las enfermedades neuropsiquiátricas pueden surgir de afectaciones en niveles básicos (complicaciones en los componentes de las neuronas, como el lisosoma o la mitocondria), en niveles intermedios (interacción perniciosa entre epigenética y ambiente, problemas con neurotransmisores o redes cerebrales) o en niveles altos (inconvenientes en la dinámica cerebral por estrés psicosocial o mala vinculación afectiva). Aunque todavía no se sabe

mucho al respecto, en cada patología las alteraciones de estos niveles se entremezclan y se influyen recíprocamente.

Hasta hace poco, los profesionales clínicos se negaban a creer que los síntomas motores o cognitivos pudieran surgir de alteraciones en un organelo microscópico dentro de la neurona. Las neurociencias pusieron fin a tal escepticismo. La afectación de la mitocondria, estructura que suministra energía a la neurona, es la causa de varias epilepsias mioclónicas con retardo mental y del síndrome de Leigh, caracterizado por descoordinación motora (o ataxia). Asimismo, ciertos tipos de ataxias episódicas se deben exclusivamente a una alteración de los canales iónicos –estas proteínas permiten que partículas eléctricas llamadas “iones” entren y salgan de las neuronas–. El cerebro, pues, torna algo minúsculo en algo enorme. Se altera una cosita que mide una milésima de milímetro y se nos descalabra todo el cuerpo.

Pasemos de la afectación de los organelos a la de las neuronas en su conjunto. Aquí hallaremos buena parte de la explicación de las enfermedades neurodegenerativas. Alrededor del 30% de las demencias son producto de la degeneración neuronal causada por mutaciones genéticas. Y no, no es cierto que el 70% restante sea causado por los vaivenes del dólar *blue*. La enfermedad de Huntington, que produce déficits motores, psiquiátricos y cognitivos, se debe a la alteración de un gen que codifica la proteína huntingtina y afecta el citoplasma de las neuronas. Las versiones familiares de la demencia frontotemporal son producidas por mutaciones de los genes MAPT, GRN y C9orf72 (al desbarajuste de este último también le debemos la esclerosis lateral amiotrófica, condición que aqueja a Stephen Hawking). La enfermedad de Parkinson presenta un perfil de altera-

ción genética aún más variado, pues se asocia con mutaciones de los llamados “parkines” (del PARK2 al PARK10) y de una larga lista de alelos. En el Alzheimer, además de los genes de vulnerabilidad (APOE, SORL1) y de los causativos (APP, PSEN1, PSEN2), se han encontrado más de veinte regiones de riesgo caracterizadas por secuencias genómicas específicas. De todos modos, dichas enfermedades neurodegenerativas, en la mayoría de los casos, no se explican por alteraciones de un solo gen ni únicamente por factores genéticos. Uno de los grandes desafíos de las neurociencias consiste en descubrir cómo se interconectan los niveles genéticos, neurológicos y cognitivos para arrojar perfiles clínicos específicos.

La relación entre niveles básicos y altos es mucho más compleja, sutil y multidireccional en cuadros psiquiátricos, como la esquizofrenia, el trastorno bipolar, la depresión, la ansiedad, el espectro autista, el trastorno límite de la personalidad o el déficit atencional. Si bien algunos implican predisposiciones genéticas, la gran mayoría no depende exclusivamente de algún gen egoísta. Además, nuestra sopa primigenia no es una receta inalterable, sino que se va sazando con los ingredientes únicos de las vivencias biológicas y sociales.

Un conjunto de disciplinas innovadoras están descubriendo cómo interactúan los artífices internos y externos de la mente enferma. Se trata de la proteómica, la transcriptómica y la metabolómica.² No todo el genoma se transcribe y se traduce finalmente en proteínas. Lo que determina qué

genes se van a expresar es el proteoma. En este sentido, la proteómica estudia la estructura y la función de las proteínas que constituyen las rutas metabólicas de las células, en aras de identificar patrones que anticipen determinada enfermedad. Por su parte, la transcriptómica busca establecer qué parte del genoma se transcribe al ARN mensajero. En el ámbito cerebral, esto significa precisar qué genes se expresan en las neuronas. Por último, la metabolómica estudia el sistema molecular y los cambios temporales que atraviesan sus componentes (metabolitos, hormonas, moléculas señal). Dichas disciplinas dialogan fructíferamente con la epigenética, que explora los efectos de la experiencia individual sobre la manifestación de los genes. Por ejemplo, se ha demostrado que el estrés afecta las células germinales, con consecuencias cognitivas y conductuales. Es decir que el vínculo entre la genética y el obrar del individuo es una calle de doble mano. Nuestra experiencia depende de nuestra plantilla cerebral y viceversa.

SE BUSCA: MARCADORES NEUROCOGNITIVOS Y CRITERIOS DE INVESTIGACIÓN

Históricamente, los trastornos mentales se han caracterizado mediante criterios nosológicos discretos. Dicho en criollo: la enfermedad X tiene los síntomas A, B y C, pero no los síntomas D, E y F; en cambio, la enfermedad Y presenta A, E y F, pero no B, C y G. Las neurociencias no se contentan con estas oposiciones. Los trastornos neuropsiquiátricos son un rollo bastante complejo y los síntomas no alcanzan para distinguirlos. Por eso, la mejor forma de estudiarlos es

.....

2. Si repite estas palabras ocho veces rápidamente y sin confundirse le regalamos un cero kilómetro.

mediante un enfoque multinivel, tendiente a integrar información de genes, células, redes neurales, regiones cerebrales y procesos cognitivos. La idea es tomar una enfermedad e identificar posibles endofenotipos, o sea, patrones distintivos de asociaciones entre niveles básicos (genética, proteomas) y altos (marcadores neurocognitivos específicos).

Las ventajas de este enfoque se hacen evidentes, por ejemplo, en el estudio de la esquizofrenia. En esta enfermedad es muy difícil establecer cómo se asocian los patrones de vulnerabilidad genética y/o de afectación celular con la sintomatología completa de los pacientes. A cada uno le pinta un delirio diferente. Por el contrario, resultan mucho más claras las asociaciones entre dichos patrones y el perfil conductual-neurológico del paciente en pruebas de cognición social (como las que se describen en el capítulo 4). Si evaluamos a tres esquizofrénicos, más allá de que uno alucine con las tortugas ninja, otro con Freddie Mercury y otro con el Racing campeón de la Intercontinental, todos tenderán a presentar déficits similares en reconocimiento de emociones e inferencia de estados mentales ajenos.

La mayoría de los trastornos neurológicos o psiquiátricos implican un patrón complejo de desconexión o sobreconexión entre áreas cerebrales, con sus síntomas y déficits asociados. Algunas dificultades cognitivas y emocionales son comunes a múltiples cuadros. La atención, la inteligencia fluida y la capacidad de reconocer emociones se ven comprometidas en casi todos los grandes cuadros neurológicos y psiquiátricos. En cambio, otros déficits permiten diferenciar patologías. Por ejemplo, en la amnesia anterógrada y algunas formas de demencia el reconocimiento facial está preservado, pero la capacidad de construir nuevos recuerdos se

ve muy afectada. En cambio, la prosopagnosia se caracteriza por el patrón inverso.

Lo mismo ocurre si consideramos las estructuras cerebrales implicadas. Algunos cuadros comparten alteraciones moleculares y anatómicas. En pacientes con trastorno de ansiedad, por estrés postraumático o ataque de pánico, se observan respuestas anormales de la amígdala ante estímulos ansiógenos o amenazantes. Sin embargo, la relación entre estos trastornos y una amígdala descuajeringada no es ni exclusiva ni privativa. Dicha estructura participa de muchos procesos ajenos a la ansiedad y se ve afectada en otras condiciones. A su vez, hay alteraciones neurales que permiten diferenciar cuadros, como la afectación dopaminérgica en las vías frontoestriadas, en la enfermedad de Parkinson, o la confirmación histopatológica de la enfermedad de cuerpos de Lewy.

Como ya dijimos, el afuera también impacta en el adentro. El cerebro se modifica de la mano de nuestras vivencias. Algunos investigadores que se entretienen incomodando ratones y otros bichos observaron que la amenaza social promueve la toxicidad neuronal y la producción de glóbulos blancos inmaduros. Asimismo, cuando se los somete a situaciones sociales estresantes, se registran modulaciones en el hipotálamo y las glándulas pituitaria y adrenal. Por ejemplo, se podan las dendritas de las neuronas, se obstaculizan múltiples redes cerebrales y decae la efectividad de la plasticidad mediante la PLP.

Si la vida comunitaria acarrea estos peligros, ¿no será más prudente aplicar el principio de “mejor solo que mal acompañado”? Ni por asomo. La soledad percibida, sea o no real, es un desencadenante de estrés crónico que afecta

la expresión de genes proinflamatorios y antivirales. Estos constituyen factores de riesgo que atentan contra el adecuado desarrollo neuronal. Las personas solitarias tienen mayor propensión a desarrollar cuadros psiquiátricos, neurológicos y de demencia.

Para no caer en el simplismo de las oposiciones binarias, en la búsqueda de marcadores neurocognitivos debemos reconocer que los trastornos son cuestiones de grado. El presupuesto es que para un proceso psicopatológico determinado existen rangos de severidad y de frecuencia, en cuyos extremos se encuentran lo normal y lo patológico. De todos modos, para decidir si nos sellan la frente con un “sano” o un “enfermo”, los neuropsiquiatras siguen valiéndose de puntos de corte generalmente arbitrarios.

La aproximación dimensional ha ganado terreno en los últimos años. Un ejemplo notable es el proyecto Research Domain Criteria, iniciativa del Instituto Nacional de Salud Mental de los Estados Unidos para integrar datos multinivel y comprender la orquestación biológica de los déficits cognitivos en los cuadros psiquiátricos. La detección de marcadores neurocognitivos es una de las apuestas más prometedoras para el diagnóstico y el tratamiento de la mente enferma.

UNA VENTANA HACIA LA MENTE SANA

Las neurociencias avanzan gracias a experimentos diseñados para entender qué pasa en el cerebro durante determinado proceso mental. Para ello el neurocientífico prepara estímulos, controla variables, calibra su resonador, pone en

marcha su electroencefalógrafo y compara cómo se comporta el cerebro ante una tarea A y una tarea B. A su vez, hay ocasiones en que la naturaleza (o si le gusta más, el azar o Dios) se pone el delantal y nos ahorra parte del trabajo. Los cerebros fallados son plataformas de experimentos naturales. La lógica es la siguiente: si un cerebro presenta determinada alteración pero fuera de eso está relativamente íntegro, ¿qué cosas puede hacer bien y cuáles no?

Al responder esa pregunta, vamos entendiendo cómo se organiza el cerebro sano y cómo funciona en condiciones normales. Si cierto aspecto de la estructura o la dinámica cerebral está alterado y se observan trastornos específicos, es lícito concluir que al menos parte del mecanismo cerebral afectado cumple un papel importante en algunos de los procesos descalabrados. Además, mediante las mismas premisas, el cerebro patológico nos permite entender por qué a veces cometemos deslices ocasionales. No hace falta tener Alzheimer para olvidarnos dónde pusimos la llave de casa, ni tener Tourette para que un día se nos salga la chaveta y le gritemos a nuestro jefe que su madre ejerce la más antigua de las profesiones. Veamos cuatro ámbitos en que mucho de lo que sabemos sobre la mente sana se lo debemos a la mente enferma.

Arrancar temprano y acompañado

Como apuntamos en el capítulo 2, nuestras experiencias influyen sobre el desarrollo cerebral. Buena parte de lo que conocemos sobre los procesos tempranos de consolidación cognitiva proviene del estudio de patologías del

desarrollo y los efectos de la privación infantil. Los niños disléxicos y aquellos que fueron criados en cautiverio nos enseñaron que la adquisición de competencias lingüísticas depende de habilidades verbales y no verbales, y que solo puede lograrse antes de determinada edad. Las adversidades de la infancia también parecen reducir el volumen del hipocampo,³ promover la depresión a lo largo del ciclo vital y generar dificultades en múltiples dominios cognitivos. Este tipo de hallazgos pone de relieve la importancia del contacto social continuo durante la crianza. En términos más generales, los infortunios cerebrales tempranos nos enseñan cómo opera el desarrollo mental.

B4, buque tocado; B5, buque tocado; B6, buque hundido

Ya vimos que ciertas funciones mentales se asocian críticamente con determinadas regiones cerebrales. El estudio de pacientes afásicos reveló que las áreas de Broca y de Wernicke se especializan en el procesamiento lingüístico. El hipocampo es clave para construir nuevos recuerdos, como lo demostró el paciente HM. El famoso caso de Phineas Gage, empleado ferroviario al que se le incrustó un caño en la frente, nos indicó que la corteza prefrontal ventromedial cumple un papel central en la toma de decisiones, la cognición moral y la capacidad de planificar el futuro. Las personas con prosopagnosia nos enseñaron que el giro fusiforme

.....
3. Gracias a modelos animales, también sabemos que las adversidades tempranas atentan contra el crecimiento dendrítico, la neurogénesis y la PLP durante la adultez.

se especializa en el reconocimiento facial, mientras que los casos de *blindsight*, producidos por lesiones en la corteza primaria visual, evidencian que nuestro cerebro puede ver cosas de las que no somos conscientes (como ya apuntamos, los magos le sacan el jugo diariamente a este fenómeno). Otros pacientes permitieron descubrir que la ínsula integra las señales corporales con sistemas motivacionales y que es importante para experimentar empatía y emociones negativas (en particular, el asco).

Todos estos hallazgos pueden integrarse para construir un mapa funcional del cerebro sano. Como si se tratara de un juego de batalla naval, los misiles que dispara cada patología nos permiten averiguar dónde se ubican los barquitos de la cognición en el océano cerebral. Ahora, no debemos llevar esta metáfora demasiado lejos. En el cerebro no hay cajitas que contengan funciones completas por sí solas. Cada función depende de redes neuronales distribuidas a lo largo y ancho de él. Sin embargo, cuando una proporción significativa de las neuronas de cierta red se concentran en determinada área, un misil que allí se dirija provocará que el barquito funcional en cuestión se vea tocado, o incluso hundido.

La orquesta antes que los músicos

Además de las redes relativamente específicas que acabamos de mencionar, el cerebro incluye otras de acción general, encargadas de integrar información multidimensional. Muchos procesos cognitivos básicos se ven afectados por la dinámica de estas redes, que se acoplan y desacoplan cons-

tantemente. Las neuronas que las integran, como los miembros de una orquesta, a veces tocan al unísono, a veces en contrapunto, algunos con estridencia y otros *pianissimo*. Así usted sea un tronco para la música, sus neuronas ejecutan sinfonías perfectamente coordinadas.

La mente enferma es una excepción. Aquí hay partes de la orquesta que suenan desafinadas, que tocan a destiempo, o que directamente desaparecen del escenario. El estudio de cerebros patológicos nos permite comprender cómo contribuye cada músico y cada instrumento a determinada pieza. Incluso nos permiten ver cómo se reacomoda la orquesta cuando falta alguno de sus miembros. Ante una lesión, el cerebro se reorganiza funcional y anatómicamente para que la obra salga lo más prolijita posible (a veces, claro, no hay forma de evitar el desmadre).

La exploración de la dinámica de redes se nutre de la evidencia convergente que ofrecen los estudios de lesiones y los de neuroimágenes funcionales. Gracias a algunas aproximaciones novedosas se han caracterizado las condiciones óptimas de procesamiento de ciertas redes. Por ejemplo, en virtud de un recurso matemático llamado “teoría de grafos”, se puede estimar la eficiencia de procesamiento de redes cuyos nodos centrales se conectan directamente. Esta propiedad se conoce como “pequeño mundo” (del inglés, *small-worldness*) y es clave para el funcionamiento de las redes que integran la actividad local con la actividad de gran escala en el cerebro. Se ha descubierto que la propiedad de pequeño mundo está ausente en redes específicas de pacientes con patologías psiquiátricas (autismo, esquizofrenia) y neurodegenerativas (enfermedad de Alzheimer, enfermedad de Parkinson, demencia frontotemporal). Este descu-

brimiento destaca la importancia de la comunicación entre niveles cerebrales micro y macro para el correcto funcionamiento de nuestras facultades mentales.

El mapa social

En el capítulo 4 repasamos algunos de los aportes de las neurociencias al campo de la cognición social. Gran parte de ese conocimiento proviene de pacientes con demencia frontotemporal, quienes manifiestan múltiples déficits en la mente maquiavélica (empatía, emociones, teoría de la mente y toma de decisiones morales, entre otros) con relativa preservación de dominios de la mente informada (como atención, inteligencia y memoria). Digamos que sus cerebros andan bien para resolver cálculos y recordar eventos pasados, pero no se conmueven demasiado al ver un gatito rengo ni logran comprender el doble sentido que construimos al comienzo del capítulo 5. Nuestro equipo ha mostrado que la especificidad del trastorno parece explicarse por la atrofia selectiva de áreas fronto-témporo-insulares (y, posiblemente, por la degeneración de las neuronas en huso, o neuronas de von Economo). Aquí nos encontraríamos, pues, con un pilar importante de nuestro universo socioemocional.

El distintivo patrón de atrofia de los pacientes con demencia frontotemporal nos permite establecer correlaciones con su desempeño en tareas que requieren de habilidades maquiavélicas. Así podemos empezar a trazar el mapa social del cerebro, o sea, el entramado de áreas encargadas de anticipar y predecir el significado de los eventos interpersonales. Las estructuras frontales realizan predicciones

y actualizaciones contextuales sobre la base de la vivencia individual; la ínsula funciona como una balanza que integra los estados afectivos internos en un entorno social particular; y, finalmente, diversas estructuras del lóbulo temporal sustentan el aprendizaje de conductas adecuadas al cuadro de situación.

De no ser por el trágico farol de la demencia frontotemporal (o el autismo, que también serviría de ejemplo), aún no habríamos vislumbrado tan claramente nuestro mapa social interno. Esta patología nos enseña cómo se las arregla el cerebro para predecir el futuro inmediato e integrar información social implícita y explícita. Además, nos permite comprender mejor cuál es la causa de los déficits de cognición social en otros trastornos psiquiátricos. Cuanto más sepamos sobre las enfermedades mentales, mejor equipados estaremos para caracterizarlas y tratarlas. La demencia frontotemporal, al igual que el Parkinson y el Alzheimer, presenta una prevalencia cada vez mayor en la población mundial. Dentro de lo preocupante que es esta tendencia, permitámonos rescatar un pequeño elemento esperanzador. Un mal de muchos no solo es consuelo de tontos: también es información potencial para el bien de todos.

NEUROPSIQUIATRÍA 2.0: UN NUEVO TALLER PARA EL MOTOR DE LA MENTE

En el capítulo 1 dijimos que el cerebro es el motor de la mente. Como no podemos contactar al fabricante para que nos describa sus vericuetos, posiblemente nuestra mejor opción sea recurrir al taller mecánico. Por supuesto, ningún

paciente desea que se le rompa el motor; pero cuando eso sucede, se generan oportunidades valiosas para indagar en su organización y funcionamiento. Así, los pacientes cerebrales se convierten en mártires involuntarios. Sus mentes enfermas nos brindan lecciones que difícilmente aprenderíamos si solo leyéramos el manual de la mente sana.

Parafraseando a un hipernasalizado relator, diríamos que “es un buen momento” para los mecánicos cerebrales. El taller (o acaso el *atelier*) de la neuropsiquiatría se está renovando. Poco a poco se incorporan métodos de vanguardia para explorar la mente en términos del complejo entramado de relaciones entre moléculas, iones, químicos, organelos, neuronas, redes, áreas cerebrales, cuerpo, experiencia, contexto y cultura. La empresa requiere mapeos entre sistemas y niveles (desde los genes a los grupos sociales), anclados en estudios interdisciplinarios básicos, clínicos, aplicados y, sobre todo, integrativos.

Esta neuropsiquiatría 2.0 se aleja de las viejas teorías degenerativas que heredamos del conductismo, el computacionalismo de los setenta y el psicoanálisis. Hoy podemos concebir los procesos mentales y sus trastornos como emergentes de redes complejas que operan a múltiples escalas temporales y espaciales en diversas dimensiones. Cada dominio cognitivo surge de la actividad de diversos circuitos neurales que se diversifican y se solapan.

Además de sus contribuciones teóricas, la neuropsiquiatría 2.0 podría mejorar la evaluación y la intervención en contextos clínicos. Varios cuadros psiquiátricos que hoy resultan incurables podrían abordarse eficazmente mediante la combinación de agentes farmacológicos pro-cognitivos, drogas específicas para el tratamiento de cada

enfermedad y programas de entrenamiento cognitivo-afectivo-social. Hoy, por ejemplo, la mejor aproximación para el tratamiento de la depresión radicaría en combinar fármacos, EMT y terapia cognitiva. Asimismo, una de las mejores estrategias actuales para favorecer el aprendizaje social en el espectro autista consiste en suministrar cicloserina y oxitocina y realizar tareas de sensibilización interpersonal. Aun si este nuevo enfoque no logra hallar soluciones para todos los trastornos, al menos ofrecerá herramientas para detectarlos a tiempo o incluso evitarlos. Como bien sabemos, a veces es mejor prevenir que curar.

Por supuesto, habrá muchos desafíos en el camino. Uno de ellos es determinar el impacto preciso de diversos neurotransmisores y redes cerebrales en el desempeño cognitivo. Otro será determinar los engranajes genéticos, epigenéticos y ambientales que desencadenan las patologías. También habrá que descubrir cómo interactúan los mediadores celulares que moldean la cognición mediante distintos procesos de neuroplasticidad. Además, será indispensable desentrañar las relaciones entre diversos mecanismos cerebrales que poseen escalas temporales disímiles, como los disparos celulares (milisegundos), la síntesis de proteínas (horas) y la configuración de la arquitectura sináptica (años).

En suma, somos testigos y protagonistas de una revolución en el estudio y el tratamiento de la mente enferma. Las neurociencias traen consigo una avalancha de teorías, un aluvión de métodos y un huracán de preguntas. El desafío ya está planteado. Esperemos que al enfrentarlo, por única vez, encontremos una excepción a la inexpugnable ley de Murphy.

Críticos y futurólogos frente al lienzo del narcisismo neural

Un periplo que nos lleva desde el misticismo a la filosofía,
de la frenología a la psicología y que ahora serpentea
por los ríos de las neurociencias

Si visita la Galería Nacional de Arte Antiguo, en Roma, habrá de toparse con el *Narciso* de Caravaggio. Se trata de un óleo en lienzo, ejecutado en los últimos años del siglo XVI, que retrata al mítico joven arrodillado junto a un estanque, absorto en la contemplación de sí mismo. Con menos arte que el pintor italiano, en este libro hemos plasmado una imagen análoga, en la que el artífice y objeto de la autofascinación no es otro que el cerebro humano.

Las aguas que encauzaron el narcisismo neural han cambiado con el paso del tiempo. El reflejo del cerebro primero se vislumbró en los océanos del misticismo, la religión y la filosofía, luego se transmutó en los mares frenológicos, holistas y cognitivistas, y ahora ondula en los ríos de las neurociencias. Aunque la imagen que devuelve este río es más fidedigna que la del tumultuoso mar y el caótico océano, la réplica nunca puede ser exacta. Si el quietísimo estanque de Caravaggio ofrece un retrato atenuado e imperfecto del joven Narciso, ¿por qué habríamos de esperar algo más acabado de las vibrantes corrientes neurocientíficas?

Para dar cierre a este periplo, parémonos frente al lienzo que conforman los capítulos anteriores y asumamos el rol de críticos o *connoisseurs*. ¿Qué podemos decir objetivamente sobre las neurociencias? ¿En qué aspectos del reflejo que nos brindan podemos confiar? ¿En qué aspectos no? Después juguémosla de futurólogos: ¿qué nos depara el fluir de sus corrientes?

ENTONCES, ¿QUÉ SON LAS NEUROCIENCIAS?

Sinteticemos el centenar de páginas con que intentamos responder la pregunta de la tapa (si este libro fuera tema de examen, la presente sección sería su “Resumen Leru”). Atrás quedaron los trepanadores, los cardiomentalistas, los fantasmas ventriculares, los medidores de cabezas, los localizacionistas, los holistas, los lobotomistas y los computacionalistas. Desde la segunda parte del siglo XX, el narcisismo neural está en manos de las neurociencias. Estas pueden concebirse como un conjunto de subdisciplinas especializadas, cada una de las cuales se ocupa de un aspecto particular de la cognición, o de una “mente” distinta.

Si bien poseen intereses diversos, sus practicantes comparten el presupuesto de que el cerebro es el motor de la cognición y consideran datos provenientes de personas sanas y pacientes con daño cerebral. Para obtenerlos, todos emplean los mismos métodos, a saber: tests neuropsicológicos, pruebas conductuales, medidas periféricas, choques eléctricos, electrodos intracraneales, técnicas estructurales, neuroimágenes funcionales y métodos electromagnéticos. Con estos recursos, los neurocientíficos abordan

problemas e hipótesis, generan evidencia y esbozan conclusiones. Aquí, para ofrecer un panorama del campo, nos hemos concentrado en el estudio de cinco mentes distintas pero interrelacionadas. Pasemos revista a los contenidos presentados.

Comenzamos por la mente plástica. Nos encontramos con que el cerebro se reconfigura permanentemente, desde la gestación hasta que la parca nos toca el timbre. Ello sucede en virtud de diversos mecanismos que responden a la experiencia individual y nos dotan de mentes únicas e irrepetibles. De hecho, si devenimos expertos en alguna actividad, desarrollaremos habilidades cognitivas especiales. La práctica hace al maestro, sí, pero por obra y gracia del cerebro.

Al abordar la mente informada nos desayunamos de hallazgos clave sobre algunos de los aspectos más estudiados de la cognición. Mostramos que la acción y la percepción son procesos complementarios. Añadimos que la memoria y la inteligencia son mucho más complejas de lo que ambas palabritas permiten entrever. Para redondearla, nos inmiscuimos en el poder ejecutivo del cerebro y en el laberinto de la conciencia. En ese recorrido, participamos de otro de los prodigios de la mente humana: resumir en unas cuantas páginas el fruto de cientos de años de investigación.

La cosa se puso más comunitaria y emotiva cuando abordamos la mente maquiavélica. Aprendimos que nuestra cognición social depende de múltiples áreas cerebrales y eventos neuroquímicos. Al decidir qué contarle y qué no contarle a un amigo, al invitar a salir a esa persona que nos quita el sueño o al darle una mano a un desconocido, las redes sociales del cerebro ponen en marcha un cuchicheo que deja en ridículo al Twitter de Jorge Rial.

Luego conocimos los principales hallazgos sobre la mente charleta. Vimos que cada hemisferio pone en marcha funciones específicas cuando usamos el lenguaje. También explicamos que, al percibir una palabra, el cerebro tarda unos 130 milisegundos en procesar su información fonológica, 400 en acceder a su significado y 600 en monitorear su adecuación sintáctica al contexto oracional. Además, demostramos que el procesamiento lingüístico coactiva otros sistemas cognitivos. ¿No es inquietante pensar que todo esto sucedió mientras lo leía? (Cualquier parecido con el final de *Cien años de soledad* es pura coincidencia.)

Por último, nos adentramos en el bestiario de la cognición. Conocimos algunas de las innúmeras formas en que se puede enfermar la mente, a causa de afectaciones biológicas en distintos niveles. El desafío, dijimos, radica en revelar las complejas interacciones que ocurren entre ellos. Cuanto más sepamos sobre los marcadores neurocognitivos de los cuadros neurológicos y psiquiátricos, no solo avanzaremos en su diagnóstico y tratamiento, sino que también comprenderemos mejor cómo funciona la mente sana. Por eso, las neurociencias guardan una deuda de gratitud con los maltruchos cerebros de sus mártires involuntarios.

EL LADO B

En esta historia, sin embargo, no todo es color de rosa. El campo presenta enigmas y problemas, debe lidiar con confusiones y se ve rodeado de timadores. Cortemos un poco de esta tela.

El gran enigma

En sus *Confesiones*, San Agustín de Hipona escribió: “¿Qué es, pues, el tiempo? Si nadie me lo pregunta, lo sé; pero si quiero explicárselo al que me lo pregunta, no lo sé”. La misma respuesta daría un neurocientífico ante el siguiente interrogante: ¿cómo es que el cerebro produce la mente? Hemos avalado el emergentismo, hemos repetido que el cerebro es el motor de la mente, hemos demostrado que determinados procesos cognitivos presentan correlatos neurales específicos... Pero, para ser francos, nadie sabe cuál es la magia por la que los iones, las proteínas, los neurotransmisores y las señales eléctricas que corretean por el cerebro producen imágenes, melodías, emociones, cálculos y lenguaje.

Es más fácil pensarlo para el sistema motor. Una señal física parte del cerebro, recorre cablecitos a lo largo de la médula espinal, enerva los músculos y *voilà*: se flexiona un dedo. Ahora, ¿cómo surgen la mente informada, la maquiavélica y la charleta? Cierre los ojos y deje que en su cabeza suene el Himno Nacional Argentino. No lo cante en voz alta; solo escúchelo internamente. Las neurociencias pueden decirle que en ese proceso intervinieron de modo crucial las regiones perisilvianas izquierdas, que hubo contribución de áreas homólogas del hemisferio derecho, que intervinieron tales y cuales neurotransmisores y demás. Lo que no sabemos es *cómo* o *por qué* ese hecho neurobiológico evoca la canción, ni mucho menos qué aspectos de ese enjambre neuronal nos hacen vivenciarla de modo único y privilegiado. Estamos seguros de que no se materializó un coro miniatura en nuestro cráneo; las neuronas no incluyen parlantes que

emitan sonidos bajitos para nuestros adentros; pero que el himno lo escuchamos, lo escuchamos.

Si proponemos que todo proceso cognitivo *es* un conjunto de reacciones electroquímicas, nos estamos lavando las manos. Sería como decir que el dedo flexionado *es* su correlato cerebral. Claro, nadie en su sano juicio negaría la existencia autónoma del dedo. ¿Por qué habríamos de asumir una hipótesis diferente para lo mental? Distinto es afirmar que todo proceso cognitivo *sobreviene* a un conjunto de reacciones electroquímicas. Si esto es así, la explicación necesita un eslabón adicional: ¿qué aspectos de los procesos cognitivos son producidos por tal o cual aspecto de las reacciones electroquímicas del cerebro? Incluso debemos contemplar una tercera posibilidad: ¿qué tal si invertimos el lazo causal y proponemos que es el proceso cognitivo el que produce la actividad cerebral? Si quiere poner en apuros a un amigo neurocientífico, ya sabe por dónde entrarle.

Hombrecillos persistentes

Otro problema grande y real gira en torno a un tipito diminuto e inexistente. Gran parte de la comunidad neurocientífica busca descubrir los correlatos entre determinado proceso cognitivo y tal región o red cerebral, pensándolos en términos de representaciones mentales. Los modelos representacionales se remontan a la tradición computacional y a la filosofía de la mente. Según este enfoque, nuestro sistema cognitivo almacena objetos discretos (por ejemplo, una red neuronal que encarna el concepto de “obelisco”) que reflejan objetos discretos externos (el Obelisco físico, en Corrientes y 9 de Julio). El problema

es que una representación no se puede interpretar a sí misma. Por ende, el lazo entre ella y el objeto externo recae en otra estructura cerebral que sirva de intérprete (¡un homúnculo u hombrecillo que analiza y asocia cosas en nuestra cabeza!). ¿No comienza a percibir un aroma cartesiano en el asunto?

La vanguardia neurocientífica propone perspectivas más dinámicas que reconocen el acoplamiento de múltiples áreas durante cada proceso cognitivo. Sin embargo, muchas explicaciones presuponen la homuncularidad, incluso cuando se caracteriza al cerebro como una entidad autoorganizada. A esta altura, tal vez se pregunte: después de ver todas las cosas complejísimas que llevan a cabo determinadas estructuras neurales, ¿es tan descabellado pensar que puede haber una que interprete la actividad de las demás? La respuesta es un rotundo sí. Si aceptamos que hay una estructura cerebral que interpreta los procesos del cerebro, debemos preguntarnos qué estructura interpreta los procesos que ocurren en la primera, y luego cuál hace lo propio para esta, y así *ad infinitum*. Ahí estamos al horno. ¡Nos encontramos ante una *mamushka* de hombrecillos cerebrales! La alternativa es adherir al emergentismo, pero, como vimos en la sección anterior, este enfoque también enfrenta enigmas acaso sin solución. Todavía no sabemos cómo resolver el dilema. Aunque el representacionismo es un callejón sin salida, a veces es la única ruta disponible para sentir que estamos yendo hacia algún lado.

¿Una nueva metáfora?

En la medida en que los planteos anteriores permanezcan irresolutos, cabe la posibilidad de que las neurociencias no

ofrezcan sino una nueva metáfora de lo mental. La hipótesis ventricular caracterizaba la mente como fantasmillas pululantes. El cognitivismo de los setenta nos la pintaba como una computadora serial. ¿No estaremos ahora frente a una nueva reducción simplista?

Aun si las neurociencias solo nos permitieran acercarnos a la mente de modo metafórico, debemos darles la derecha en un par de puntos. A diferencia de lo que proponía la hipótesis ventricular, sabemos que el vehículo de la metáfora existe. Todos hemos visto cerebros, pero ¿cuántos vimos un fantasma intracraneal? Además, es innegable que existe algún lazo *real* entre lo neurológico y lo cognitivo. Observamos déficits mentales similares en pacientes con lesiones en las mismas áreas cerebrales y documentamos asociaciones consistentes entre procesos y estructuras mediante estudios de neuroimagen y de electrofisiología. El punto es que la mente tal vez sea algo incluso más complejo de lo que las neurociencias nos permiten entrever. Abraham Maslow reflexionó que si nuestra única herramienta es un martillo, tenderemos a tratar todo como si fuera un clavo. En esto de abordar la cognición desde la neurobiología, tal vez estemos martillando una tuerca (o, para peor, una sábana o una nube).

De hecho, ante la tarea de captar aspectos sustanciales de la mente humana, las neurociencias distan de ser una mejor herramienta que la literatura o el cine. Ya quisieran los neurocientíficos explicar y describir las desmesuras de la mente y sus monumentales síntesis de significado, como la vivencia de sueños imposibles, la combinación creativa de porciones de nuestra experiencia, las alucinaciones terroríficas, la inspiración artística o la experiencia mística que nos une con

el flujo de la naturaleza y nuestros congéneres. Todas ellas reflejan un montaje de teofanía que nos convierte en creadores y espectadores privilegiados de nuestro propio mundo mental, presente en las novelas de Virginia Woolf, las películas de Alfred Hitchcock, las ensoñaciones efímeras de la verdulera de la esquina y los berretines mnemónicos del colega sanatero.

Al intentar explicar las operaciones y las fallas de esa abrumadora maquinaria de experiencia y sentido que nos hace humanos, el martillo neurocientífico tal vez no resulte ideal. Sin embargo, que nadie tire la toalla. Siempre tengamos presente las enseñanzas del cortaplumas de MacGyver. Ciertas herramientas, si se las emplea con ingenio, pueden ofrecer soluciones a problemas que parecerían escapar de su órbita.

Métodos imperfectos, resultados cuestionables

En el mundo de la investigación, los resultados son tan sólidos como los métodos que los arrojan. De ahí que no podamos confiar plenamente en las conclusiones de las neurociencias –ni siquiera en las que presentamos en este libro–. Uno de los principales problemas estriba en el bajo poder estadístico de los resultados, consecuencia de analizar numerosas dimensiones de datos cerebrales en grupos reducidos de sujetos (por lo general, entre quince y veinte por experimento). Sumemos a esto la abundancia de falsos positivos (la observación de diferencias estadísticas donde no las hay), y el potencial de resultados azarosos y espurios resulta enorme.

Además, los estudios sobre un mismo tema suelen ser poco comparables a causa del empleo de distintas tecnologías, estrategias de preprocesamiento de datos y procedimientos de análisis. Para peor, la replicación de experimentos (actividad crucial en la ciencia) no está particularmente arraigada en el campo. La presión por innovar y sorprender hace que muchos neurocientíficos miren de reojo esa noble y necesaria tarea de repetir un estudio para ver si se obtienen resultados similares. Encima, como vimos en el capítulo 6, es muy difícil comprender la dinámica multidimensional de los procesos cerebrales. No basta con observar que esta partecita se prende cuando hago tal cosa. Por fortuna, en los últimos años se están imponiendo metodologías y técnicas de análisis sofisticadas que permiten rodear algunos de estos inconvenientes. Así y todo, no le pidamos peras al olmo. La ciencia no promete verdades absolutas, sino *aproximaciones* que nos permitan comprender mejor el mundo que nos rodea (y también el que construimos en nuestro interior).

Mente hay una sola

Otro obstáculo que enfrenta el campo es la atomización de la mente. La mayoría de los laboratorios de neurociencias se especializan solo en un fenómeno particular. Algunos se dedican exclusivamente a la neurociencia social, otros a la neurolingüística, otros al sistema visual, etc. Esto acaso sea inevitable. Cada ínfimo aspecto de la mente reviste tal complejidad que necesitaríamos reencarnar varias veces para comprenderlo en su totalidad.

No obstante, la verdad es que mente hay una sola. En un acto tan sencillo como presentarnos ante un nuevo compañero de laburo, ponemos en funcionamiento procesos de la mente informada (atención, memoria), de la mente maquiavélica (reconocimiento facial, procesamiento emocional, teoría de la mente), de la mente charleta (procesamiento lingüístico en varios niveles) y de tantas otras, todo en simultáneo y sin solución de continuidad. Por el momento, no hay teoría neurocientífica que ofrezca una caracterización unificada de esos procesos. Solo existen teorías parciales, aisladas e incompletas de determinados aspectos de la cognición.

Las correrías del cerebro humano no se pueden inferir a partir de un análisis segregado de unas pocas variables. Para alcanzar una visión unificada de la mente, debemos ir más allá de los llamados “experimentos críticos” (aquellos que revolucionan un campo mediante una sola demostración) y movernos hacia la construcción de modelos integrativos, conceptuales y matemáticos, que sinteticen enormes cúmulos de evidencia muy variada. Ello requiere del esfuerzo mancomunado de especialistas en cada área y de mucho tiempo para que logren entenderse. Cada subdisciplina neurocientífica tiene sus propios constructos, sus propios esquemas, su propio idioma. Hoy el neurocientífico que estudia el sistema visual habla en ruso, el que estudia los procesos lingüísticos habla en catalán, el que estudia el aprendizaje habla en élfico y el que estudia la mente maquiavélica habla en klingon. Si queremos alcanzar esa Torre de Babel que llamamos “neurociencia integrada”, será indispensable que pautemos una lengua común.

Herrar es humano

Tantas son las ganas de encontrar principios generales de la mente que algunos tiran ideas apresuradas, las divulgan con bombos y platillos, y al final le pifian feo. He aquí un ejemplo reciente. Un grupo de investigadores italianos, liderados por Giacomo Rizzolatti, descubrió que en el cerebro de los monos hay neuronas que se activan tanto cuando mueven la mano como cuando observan que alguien mueve la mano. Las llamaron “neuronas espejo” y propusieron que son indispensables para comprender la finalidad de las acciones ajenas. El hallazgo se convirtió en uno de los más celebrados del área. Otros investigadores se entusiasmaron y fueron más allá, afirmando que hasta la comprensión del lenguaje depende casi exclusivamente de estas neuronas copionas. Lo mismo se afirmó respecto de la capacidad de imitación, las emociones, la empatía y la intersubjetividad.

Como explica Gregory Hickok,¹ la idea es atractiva, pero equivocada. El error radica en atribuirle a un puñado de neuronitas una habilidad propia del cerebro (o del organismo) en su conjunto. Que las mismas neuronas resuenen cuando se ejecuta una acción, cuando se la observa y cuando se escucha la palabra que la nombra no implica que tengan el monopolio del significado. La comprensión lingüística, por ejemplo, requiere de múltiples mecanismos que exceden en mucho a las neuronas espejo, como procesamiento sin-

táctico, integración conceptual, memoria operativa, funciones ejecutivas y más.

Seguramente las neuronas espejo *contribuyen* a la comprensión lingüística, pero hasta ahí. Decir que son las responsables del proceso es presentar la parte por el todo (una sinécdoque, para los que gustan de helenismos retóricos). Tal posición implica que las neuronas espejo tendrían todos los atributos necesarios para la comprensión verbal, de modo que constituirían una subespecie de homúnculos intracraneales. Además de errónea, esta noción no tiene nada de original –para constatarlo, sírvase repasar el capítulo 1–.

El yerro surge en la interpretación de la evidencia. El dato empírico del comportamiento de estas neuronas es claro y contundente, pero no avala de modo alguno semejante extrapolación. Este ejemplo demuestra que incluso los neurocientíficos avezados pueden cometer errores al pasar de los resultados a la conclusión. La lección para los investigadores, los estudiantes y los lectores ocasionales es que nunca hay que suspender el juicio crítico. No importa qué tan rimbombante sea una teoría ni qué tan famoso sea el autor, siempre hay que leer la letra chica y evitar ser más papistas que el papa.

Neurotimadores

El cerebro está de moda y las neurociencias son persuasivas. Cualquier cosa que uno diga suena más seria y creíble si se la adorna con jerga neurológica –y si se añaden un par de

.....
1. Hickok, G. (2014), *The myth of mirror neurons: the real neuroscience of communication and cognition*, Nueva York, W. W. Norton.

neuroimágenes, ya suena a verdad revelada-.² Es alarmante ver cuánta gente miente y curra con esto. Desde el panelista que dice que la angustia les hace bien a las neuronas, hasta la escritora de libros de autoayuda que cita estudios genéticos con ratones en sus lecciones para mejorar la autoestima, pasando por los programas de entrenamiento para “usar un mayor porcentaje del cerebro”, el siglo XXI está lleno de neurotimadores.

Uno de los ejemplos más infames es la seudociencia llamada “programación neurolingüística” (PNL),³ una chantada que surgió en los años setenta y que, de algún modo, cada día cobra más adeptos. La PNL propone una metodología especulativa, basada en la interacción lingüística, para modificar el cerebro y alcanzar metas personales. Según sus defensores, sirve para mejorar el liderazgo, la oratoria, la gestión empresarial y la capacidad de influir sobre otras personas. Es más, sostienen que en solo una sesión se puede curar la depresión, la dislexia, el resfrío y las alergias –no estamos exagerando, esto es lo que publicitan–.

Los talleres de PNL son muy rentables. Generan millones de dólares por año. Constan de presentaciones coloridas en que se lanzan frases aparentemente profundas (del tipo que uno encontraría en un almanaque o en la mora-

.....

2. Así lo demostró un grupo de investigadores de la Universidad Estatal de Colorado en un estudio sobre el razonamiento humano. Incluso una conclusión errada e ilógica, si va acompañada de imágenes del cerebro, se nos hace razonable.

3. Ya lo dijimos en el capítulo 5, pero repitémoslo: nada tiene que ver esto con la neurolingüística propiamente dicha, que es una ciencia robusta, bien fundamentada y con implicancias clínicas y educativas comprobadas.

leja de una fábula de Esopo) y se las enmarca con nombres de científicos famosos e imágenes del cerebro. El tema es que es todo un bolazo. Varios científicos se han puesto a estudiar la PNL y concluyeron que abunda en errores conceptuales, posee mínimo sustento empírico, carece de efectividad terapéutica y está completamente desconectada de las neurociencias y la lingüística. La etiqueta es pomposa y sirve para impresionar a los incautos. Ahora ya lo sabe: si le sobran unos mangos y está dudando entre comprarse dos kilos de helado o ir a un seminario de PNL, pida granizado y chocolate.

UN POCO DE FUTUROLOGÍA (ANCLADA EN EL PRESENTE)

En las próximas décadas las neurociencias serán la principal *vedette* de la escena científica. Tendrán un *cachet* millonario, utilizará de vanguardia y unas cuantas sorpresas para el público. Veamos.

La unión hace la fuerza

El mundo está apostando a las neurociencias. En los próximos años comenzaremos a ver los frutos de varios emprendimientos multimillonarios para entender mejor nuestro cerebro. En marcha desde 2005, el proyecto Blue Brain es un esfuerzo internacional por reproducir un cerebro completo mediante una supercomputadora. El mayor logro hasta el momento ha sido simular una columna cortical de diez

mil neuronas.⁴ En 2013, Barack Obama lanzó la Iniciativa BRAIN, que supone una inversión anual de trescientos millones de dólares por diez años. El objetivo es generar nuevas neurotecnologías para construir un mapa de la actividad de cada célula y circuito neural en el cerebro humano. Se espera que el proyecto mejore los métodos de tratamiento, cura y prevención de la mente enferma.

Acaso la propuesta más ambiciosa sea la del proyecto Human Brain, auspiciada por la Comisión Europea y respaldada por una inversión inicial de mil millones de euros.⁵ Entre sus metas figuran integrar datos neurocientíficos multinivel de cientos de laboratorios y diseñar tecnologías robóticas y neuromórficas para clasificar y diagnosticar enfermedades neurológicas y psiquiátricas. Otra iniciativa que apunta a la integración masiva de datos neurales es el proyecto Human Connectome. Este emprendimiento, financiado por los Institutos Nacionales de Salud de los Estados Unidos, incluso ofrece una interfaz digital para navegar los datos en plataformas gráficas. Las neurociencias también están creciendo en Latinoamérica, gracias a fondos privados de cientos de laboratorios y al apoyo de instituciones nacionales, como el Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) y la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica, de Argentina; la Comisión Nacional de Investigación Científica y Tecnológica

4. Esto no es moco de pavo, pero lejos está de la meta última. De hecho, algunos de los responsables del proyecto reconocieron que el objetivo es inalcanzable. El escándalo que suscitó semejante admisión es digno de revista chimentera.

5. Aquí también ha estallado la polémica, sobre todo en torno a la gestión de los fondos.

(CONICYT), de Chile; el Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), de Brasil; y Colciencias, de Colombia.

Siguiendo las lecciones de su objeto de estudio, los laboratorios de todo el mundo establecen redes ampliamente distribuidas. De esas conexiones están surgiendo nuevos métodos que revolucionarán nuestra comprensión del cerebro. La técnica *brainbow* consiste en la aplicación de proteínas fluorescentes que, literalmente, pintan neuronas vecinas con distintos colores. Así, se pueden identificar y mapear células con altísima resolución. Si esto de los colores no le va, tal vez le interese más el método CLARITY, que permite transparentar el tejido cerebral, ver a través de él y optimizar la investigación microscópica de sus funciones y estructuras proteicas. También mencionaremos la optogenética, que consiste en alterar el ADN de neuronas específicas para tornarlas fotosensibles. Así, se puede manipular su actividad cambiando el nivel de luz que reciben, ya sea mediante un cable de fibra óptica o una lamparita. En ratas e insectos, este método ya permite controlar el ritmo cardíaco, determinar el mapa de conexiones que procesa el miedo y suprimir trastornos motores (típicos del Parkinson). Por último, pronto veremos avances en técnicas ya conocidas. El desarrollo de resonadores superpotentes (de 15 o más Tesla) nos permitirá distinguir la actividad de neuronas individuales durante procesos complejos; los EEG-ad diminutos y portátiles incrementarán notablemente la validez ecológica de los experimentos; y con la nueva aparatología de EMT se podrán estimular las zonas más recónditas del cerebro con precisión inusitada.

No solo evolucionarán estos telescopios neurales, sino también la forma de explorar las imágenes que arrojan.

La tarea de integrar toneladas de datos se emprenderá mediante supercomputadoras, capaces de analizar marañas de información que ninguna mente humana podría abordar. Además, en unos pocos años podremos comparar los resultados de miles de estudios gracias a sistemas de automatización y estandarización de procedimientos. A su vez, ya estamos en los albores de una ciencia abierta, con iniciativas de *data sharing* (para compartir los datos de investigación entre científicos) que darán pie a bases de datos gigantescas y permitirán superar las limitaciones de los estudios realizados con quince valiosos pero magros participantes.

Una vez más, el interrogante es: ¿se logrará integrar toda la información que ofrecen estas técnicas para alcanzar una teoría unificada? Y conste que no es lo mismo una teoría general del cerebro que una de la *neurocognición*. Si bien no lo sabemos, hay un rasgo de las neurociencias que es alentador. En este campo ya se ha impuesto el esfuerzo colectivo por sobre el genio individual.

En la cancha se ven los pingos

Tal vez se esté preguntando: ¿para qué me sirve todo esto a mí, o a mi hijo, o a mi tía? La respuesta viene de boca de la neurociencia traslacional, subdisciplina que busca llevar los resultados del laboratorio a diversos ámbitos de aplicación en la sociedad.

Las neurociencias son relevantes para el ámbito clínico, aunque la neurología y la psiquiatría todavía no han sabido sacarle el jugo. De hecho, el 90% de las enfermedades mentales no se diagnostican ni se tratan en función de datos

neurocientíficos. Sin embargo, ya estamos vislumbrando las posibilidades terapéuticas del campo. Un buen ejemplo es la estimulación cerebral profunda, a saber, la implantación de un “marcapasos neural” que envía señales eléctricas a regiones específicas. En pacientes parkinsonianos que no responden al tratamiento medicinal, el dispositivo reduce notablemente los temblores, la rigidez y los problemas al caminar. También existen chips cerebrales para mejorar el rendimiento cognitivo en personas sanas, aunque su uso actual es mucho más restringido. Incluso hay tecnologías que permiten controlar computadoras y robots directamente desde el cerebro. En 2013, Jan Sherman, una mujer parapléjica oriunda de Pensilvania, conectó su cerebro a un brazo mecánico y pudo llevarse comida a la boca sin ayuda por primera vez en diez años. Su cara de satisfacción es prueba contundente de cómo las neurociencias pueden mejorar la calidad de vida de los pacientes.

Otra área de aplicación es el sistema educativo. Una disciplina incipiente, llamada “neuroeducación”, tiene como meta mejorar las prácticas de enseñanza, optimizar el aprendizaje y promover la creación de currículos educativos más eficientes. Ya se ha identificado un sistema neural especializado en el procesamiento numérico (distribuido entre áreas parietales de ambos hemisferios) y se descubrió que arroja activaciones muy débiles en chicos con dificultades matemáticas. Asimismo, los avances en torno a la base neurocognitiva de la lectura invitan a repensar muchas de las prácticas alfabetizadoras tradicionales. Dehaene, experto en el tema, de hecho aboga por una reforma radical del sistema ortográfico del inglés, cuya lógica arcaica supone un escollo insuperable para muchos niños disléxicos angloparlantes y les hace per-

der tiempo valioso a los que no presentan trastornos. Ante el hecho incuestionable de que aprendemos con el cerebro, ¿no sería menester que el mundo educativo diera cabida a los neurocientíficos?

Las neurociencias también tienen implicancias legales. A mediados de los años setenta, Elizabeth Loftus y John Palmer demostraron que es posible manipular los testimonios de las personas según las palabras que se empleen al interrogarlos. En uno de sus experimentos, los participantes veían videos de accidentes automovilísticos y luego completaban un cuestionario. Cuando las preguntas incluían ciertos verbos, como “estrellar”, los participantes tendían a declarar que habían visto vidrios rotos, aunque en el video ningún cristal había sufrido daño alguno. ¿Hasta qué punto, pues, podemos confiar en un testigo bienintencionado durante un juicio? Las preguntas no quedan ahí. Con el avance de la neurogenética, ¿es posible predecir quién será un criminal? ¿Podemos valernos de registros neurológicos para determinar si una persona miente? Y, como nos preguntamos en el capítulo 4, si un delincuente presenta alteraciones en los sistemas cerebrales que sustentan su cognición moral, ¿se le puede atribuir responsabilidad por sus actos? Estos planteos podrían repercutir a lo largo y ancho del sistema de justicia.

En suma, las neurociencias ya comienzan a impactar en la vida social. Si las voluntades políticas y las plataformas institucionales lo permiten, todo este nuevo conocimiento modificará la forma en que diagnosticamos, curamos, enseñamos y juzgamos. La puerta está abierta, solo hace falta dar un paso hacia adelante.

Apostemos con medida

Sin duda, vale la pena ponerles varias fichas a las neurociencias. Eso sí, apostemos con medida. Se trata de una disciplina joven, que todavía no cumple cincuenta años. Como el vino, como el Polaco Goyeneche, la ciencia mejora con el tiempo. Pensemos en el primer siglo de vida de cualquier campo del saber y veremos que ninguna de sus teorías resulta válida en la actualidad.

Con cinco mil años de narcisismo neural a cuestas, que no se nos escape la tortuga. Evitemos incurrir en una teleología finalista. Las neurociencias *no* representan el ápice del estudio de lo mental. Constituyen, apenas, su etapa más reciente. Ahora, permítannos una apología del error. La hipótesis ventricular, la frenología, el holismo y el computacionalismo fracasaron en sus intentos por caracterizar la mente humana, pero nos posibilitaron avances en la tarea. Es muy temprano para decir si las neurociencias están bien encaminadas; pero aun si no logran su objetivo último, es indudable que dejarán valiosísimas lecciones para las generaciones futuras.

Este ámbito de investigación despierta expectativas enormes y está bien que así sea. No es exagerado decir que está transformando el mundo. Para que dicha transformación sea verdaderamente significativa, es necesario un llamado a la humildad. Las neurociencias no son el único campo que nos permitirá revelar los misterios de la mente, ni tampoco son la última esperanza de la humanidad para lograrlo. Si esta joven ciencia es consciente del pasado, seguirá ejerciendo el narcisismo neural sin incurrir en egolatría disciplinar. Nosotros, como artífices o beneficiarios de sus avances, lo agradeceremos.

Para refrescar algunos términos



Agrafia pura: trastorno provocado por una lesión cerebral que produce una incapacidad en las habilidades de producción escrita sin déficits notables en las habilidades de lectura.

Alexia pura o alexia sin agrafia: trastorno provocado por una lesión cerebral que produce una incapacidad en las habilidades de lectura sin déficits notables en las habilidades de producción escrita.

Aprendizaje hebbiano: mecanismo de neuroplasticidad mediante el cual la coactivación de dos neuronas o ensamblajes neuronales refuerza las conexiones sinápticas que comparten.

Atrofia: reducción del volumen o el número de los tejidos producida por insuficiencias nutritivas en determinado órgano. Las atrofas cerebrales conllevan trastornos progresivos en el nivel motor, sensorial o cognitivo.

Autoorganización: proceso de orden sobre la base de interacciones de niveles. Se constituye sin una predeterminación completa y exhibe propiedades no presentes en sus

partes. Puede observarse en la física, la química, la termodinámica y en el sistema neurocognitivo.

AVPR1A: uno de los tres principales tipos de receptores de la hormona argipresina. Está presente en el cerebro y en otros órganos, como el hígado y los riñones. Sus variantes genéticas se vinculan con las conductas de generosidad y altruismo.

Axón: componente de las neuronas que permite la emisión de señales eléctricas necesarias para la comunicación intercelular.

Barrera hematoencefálica: conjunto de células endoteliales y glías que separan el cerebro de los vasos sanguíneos. Impiden el ingreso de sustancias tóxicas en el cerebro y permiten el pasaje de nutrientes y oxígeno.

Célula madre: célula capaz de dividirse y dar lugar a distintos tipos de célula con diferentes propiedades. Una de sus principales funciones es la regeneración de tejidos en el organismo.

Célula progenitora neural: célula capaz de diferenciarse en tipos celulares específicos en el nivel cerebral. Da lugar a neuronas inmaduras y glioblastos.

Cibernética: ciencia encargada de estudiar los flujos de información que posibilitan la autorregulación de sistemas animales, mecánicos o electrónicos.

Cognitivismo: rama de la psicología que investiga de qué manera la mente humana o animal capta, almacena y procesa diversos tipos de información mediante mecanismos sensoriales, mnemónicos, atencionales y ejecutivos, entre otros.

Computacionalismo: enfoque del cognitivismo que busca caracterizar los procesos psicológicos bajo el supuesto de

que la mente se estructura y funciona como una computadora serial.

Correlación anatomopatológica: asociación consistente, documentada en múltiples casos, entre evidencia post mortem o *in vivo* de cambios patológicos en el tejido cerebral y un trastorno conductual específico.

Dendrita: cada una de las múltiples prolongaciones de una neurona que posibilitan la recepción de señales provenientes de otras células.

Depresión a largo plazo (DLP): mecanismo de neuroplasticidad mediante el cual se debilitan las sinapsis establecidas entre dos neuronas porque estas dejan de coactivarse. Depende de los mecanismos de AMPAR y NMDA.

Discriminación fonológica: capacidad de percibir diferencias entre dos o más fonemas durante la percepción auditiva del lenguaje.

Dopamina: neurotransmisor producido principalmente en una estructura cerebral llamada “sustancia negra”. Tiene un papel importante en la regulación de diversos procesos cognitivos y fisiológicos, como la motivación, la recompensa, el aprendizaje, la lactancia y la actividad motora.

Dualismo: corriente intelectual dentro del cognitivismo que sostiene que la actividad mental pertenece a un dominio distinto del neurobiológico y que no puede caracterizarse en función de este último.

Electroencefalografía de alta densidad (EEG-ad): método de investigación neurocientífica que permite registrar la actividad eléctrica conjunta de miles de neuronas coactivadas mediante la aplicación de múltiples electrodos en el cuero cabelludo. Ofrece datos precisos sobre la dinámica temporal de la actividad neurocognitiva.

Emergentismo: doctrina múltiple que sostiene que los atributos o fenómenos mentales surgen a partir de regularidades en un nivel cerebral y que no pueden reducirse analítica/deductivamente a ese nivel (véase *autoorganización*). Puede dividirse en débil y fuerte.

Emergentismo débil: doctrina que sostiene que los procesos mentales (el todo) tienen propiedades que el cerebro (las partes) no posee, pero que pueden ser reducidas a los procesos neurobiológicos que las generan y explicarse enteramente en función de ellos.

Emergentismo fuerte: doctrina según la cual el todo produce efectos causales en sus constituyentes (partes). También se la conoce como *downward causation*, submergencia, macrocausación o acción global-a-local (efecto causal de las propiedades globales en las locales).

Estimulación magnética transcraneal (EMT): método de investigación neurocientífica que permite estimular o inhibir un área cerebral mediante la proyección de un campo magnético focalizado. Su aplicación puede empeorar o mejorar facultades cognitivas/motoras específicas.

Factor neurotrófico: proteína que promueve el crecimiento, la diferenciación y la supervivencia de las neuronas y las glías.

Fonema: representación cognitiva de una familia de sonidos del habla. En español, por ejemplo, /a/, /e/ y /u/ son fonemas vocálicos, mientras que /g/, /p/ y /s/ son fonemas consonánticos.

Glía: células del sistema nervioso que sustentan la migración, el desarrollo y el sostén neuronal, así como la consolidación de la mielina y las redes celulares en el cerebro.

Glioblasto: célula del sistema nervioso, generada a partir de la cuarta semana de gestación, que mantiene su capacidad de proliferación a lo largo de la vida del organismo.

Líquido cefalorraquídeo: sustancia que circula a través de distintas estructuras cerebrales y resguarda al cerebro ante posibles traumatismos, entre otras funciones.

Lisosoma: organelos cuyas enzimas digieren diversos materiales que llegan a la célula desde su exterior o interior.

Meninges: membranas que recubren el cerebro y la médula espinal. Desde el hueso del cráneo hacia el interior se distinguen tres tipos: la duramadre, la aracnoides y la pia-madre, respectivamente.

Metabolómica: disciplina que estudia los cambios temporales de cualquier sistema biológico dinámico según procesos que atraviesan sus intermediarios metabólicos, metabolitos, hormonas, moléculas señal y metabolitos secundarios.

Mielina: vaina ubicada alrededor de los axones que permite la transmisión de impulsos eléctricos. Es producida por las glías (en el sistema nervioso periférico, por las células de Schwann; en el sistema nervioso central, por los oligodendrocitos).

Mitocondria: organelo celular que suministra energía a las neuronas. Su doble membrana (externa e interna) separa el espacio intermembranoso de la matriz mitocondrial (que contiene ADN mitocondrial). La membrana exterior es permeable a iones, metabolitos y polipéptidos.

Morfogénesis: proceso de generación de las formas que controlan la distribución espacial organizada de las células durante el desarrollo embrionario de un organismo. También puede ocurrir en un organismo maduro.

Qué son las neurociencias

N400: potencial evocado de deflexión negativa que ocurre aproximadamente a los 400 milisegundos después de presentarse un estímulo significativo. Constituye un marcador robusto de congruencia semántica entre dos (o más) estímulos, sean estos lingüísticos (por ejemplo, palabras) o no lingüísticos (por ejemplo, imágenes, retratos, acciones).

Para saber más



LIBROS

- Damasio, A. R. (2014), *En busca de Spinoza. Neurobiología de la emoción y los sentimientos*, Buenos Aires, Paidós.
- (1996), *El error de Descartes*, Santiago de Chile, Andrés Bello.
- Dehaene, S. (2014), *El cerebro lector: últimas noticias de las neurociencias sobre la lectura, la enseñanza, el aprendizaje y la dislexia*, Buenos Aires, Siglo XXI.
- Gazzaniga, M. S.; Ivry, R. B. y Mangun, G. R. (2013), *Cognitive neuroscience: the biology of mind*, 4ª ed., Nueva York, W. W. Norton.
- Golombek, D. (2008), *Cavernas y palacios*, Buenos Aires, Siglo XXI.
- (2004), *Cerebro: últimas noticias*, Buenos Aires, Colihue.
- Hickok, G. (2014), *The myth of mirror neurons: the real neuroscience of communication and cognition*, Nueva York, W. W. Norton.

Qué son las neurociencias

- Ibáñez, A. (2008), *Dinámica de la cognición*, Santiago de Chile, J. C. Sáez.
- James, W. (1890), *The principles of psychology*, Nueva York, H. Holt and Company.
- Kandel, E. R.; Schwartz, J. H. y Jessell, T. M. ([1981] 2011), *Principios de neurociencia*, Madrid, McGraw-Hill Interamericana.
- Manes, F. y Niro, M. (2014), *Usar el cerebro: conocer nuestra mente para vivir mejor*, Buenos Aires, Planeta.

RECURSOS EN LÍNEA

- Allen Brain Atlas (Estados Unidos): <www.brain-map.org>.
- Blue Brain Project (Suiza): <bluebrain.epfl.ch>.
- Cerebro argentino (ciclo de TecTV): <facundomanes.com/cerebro-argentino>.
- El cerebro y yo (ciclo de Canal Encuentro): <www.encuentro.gov.ar>.
- Human Brain Project (Comisión Europea): <www.human-brainproject.eu>.
- INECO, Instituto de Neurología Cognitiva (Argentina): <www.ineco.org.ar>.
- Iniciativa BRAIN (Estados Unidos): <www.braininitiative.nih.gov>.
- Los enigmas del cerebro (ciclo de C5N): <facundomanes.com/ledc>.
- LPEN, Laboratorio de Psicología Experimental y Neurociencias (Argentina): <laboraineco.wordpress.com>.
- NUFIN, Núcleo de Investigación en Neurociencias (Chile): <www.nucleoneurociencias.udp.cl>.