

EL CEREBRO DEL FUTURO

¿CAMBIARÁ LA VIDA MODERNA
NUESTRA ESENCIA?



FACUNDO
MANES
MATEO NIRO

PAIDÓS

FACUNDO MANES
MATEO NIRO

EL CEREBRO DEL FUTURO

*¿Cambiará la vida moderna
nuestra esencia?*

1.^a edición, enero de 2019

No se permite la reproducción total o parcial de este libro, ni su incorporación a un sistema informático, ni su transmisión en cualquier forma o por cualquier medio, sea este electrónico, mecánico, por fotocopia, por grabación u otros métodos, sin el permiso previo y por escrito del editor. La infracción de los derechos mencionados puede ser constitutiva de delito contra la propiedad intelectual (Art. 270 y siguientes del Código Penal). Diríjase a CEDRO (Centro Español de Derechos Reprográficos) si necesita fotocopiar o escanear algún fragmento de esta obra. Puede contactar con CEDRO a través de la web www.conlicencia.com o por teléfono en el 91 702 19 70 / 93 272 04 47.

© Facundo Manes y Mateo Niro, 2018

© Grupo Editorial Planeta S.A.I.C., 2018

© de esta edición en castellano,
Editorial Planeta, S. A., 2019
Avda. Diagonal, 662-664
08034 Barcelona, España
Paidós es un sello editorial de Editorial Planeta, S. A.
www.paidos.com
www.planetadelibros.com

ISBN 978-84-493-3535-8
Fotocomposición: Lozano Faisano, S. L.
Depósito legal: B. 26.906-2018

El papel utilizado para la impresión de este libro es cien por cien libre de cloro y está calificado como papel ecológico.

Impreso en España – *Printed in Spain*

Sumario

Nota	9
Prólogo de Facundo Manes	13
Prólogo de Mateo Niro	15
Introducción: La suma de todas las ciencias	17
Grandes hombres y grandes mujeres	24
Las claves de la comunicación científica	30
1. El futuro del cerebro	39
¿Son las máquinas más sabias que los humanos?	42
El cerebro humano frente al ordenador	47
Neuroética o los límites del futuro	49
Un mundo de sensaciones	54
Leer el pensamiento	61
Cerebros en red	65
¿Quién quiere vivir para siempre?	68
Los sueños del futuro	70
¿Existen herramientas para potenciar la mente?	73
¿Cómo será el cerebro humano en el futuro?	75
2. El cerebro enfermo	81
El valor de la memoria y el impacto del olvido	84
¿Por qué nos olvidamos de los nombres?	86

Cuando es imposible recordar lo inmediato (amnesia)	88
Lo que no debemos olvidar (alzhéimer)	91
La demencia semántica	96
La lección del actor (demencia con cuerpos de Lewy)	98
La mejor obra de Ravel	100
Cuando el cerebro no deja ver (atrofia cortical posterior) . . .	101
La mano ajena	103
Miembro fantasma	105
Síndrome del acento extranjero	107
Trastorno de despersonalización	109
Risa y llanto patológico	110
Síndrome de Diógenes	112
Cuando se ignora la mitad del mundo (síndrome de negligencia espacial)	115
Los ojos de la mente (agnosia visual)	116
Las paradojas del movimiento (apraxia)	118
Los colores de la música (sinestesia)	120
Enfermedades raras	122
3. Los otros enfermos	125
Trastorno de ansiedad generalizada (o el mafioso que no podía respirar)	128
Los tics de Amadeus (síndrome de Tourette)	130
Trastorno límite de la personalidad (TLP)	132
No puedo parar (trastorno por déficit de atención con hiperactividad, TDAH)	134
Psicosis (o la verdad sobre el caso del señor William Wilson) . .	136
Una mente que logró ser brillante (esquizofrenia)	138
Enamorados de uno mismo (narcisismo)	140
El síndrome de Asperger	142
El hombre que sabía (síndrome de savant)	144
Cuando el mundo da vueltas (vértigo)	146
Todo el universo en uno (trastorno de conciencia)	147
La mala palabra (afasia)	149

Luchar contra la dislexia	151
La adicción a la comida	154
Ganarle a la ludopatía	156
El insomnio de una noche de verano	158
Un sueño no realizado (apnea)	159
¿Qué es la narcolepsia?	161
El síndrome de las piernas inquietas	163
La esclerosis múltiple	165
La enfermedad de Parkinson	167
Novelas y epilepsia	169
ACV: saber en qué consiste	171
Cuidar la cabeza	172
El dolor común de un hombre extraordinario (cefalea)	175
Un dolor cotidiano	177
 4. La tecnología en las neurociencias	 181
Interfaz cerebro-máquina	186
El puntapié inicial de la ciencia	190
¿Qué es la optogenética?	192
Nuevas aplicaciones para el diagnóstico	197
Nuevas tecnologías para el tratamiento	200
Nuevos paradigmas en la investigación del alzhéimer	202
Contactando con pacientes en estado vegetativo	205
El segundo cerebro	210
La hipnosis se desliza entre la ciencia y la ficción	211
 5. El verdadero cerebro del futuro	 215
 6. Claves del presente para el futuro	 221
Las claves del bienestar	222
¿Somos o nos hacemos felices?	227
La pregunta del millón: ¿el dinero hace la felicidad?	229
Los niños y los usos de la tecnología	231
La era de la distracción	236

Enamorados de la tecnología	238
Lectura en papel frente a lectura digital	241
<i>Cyberbullying</i> o la coartada del anónimo	243
El valor del lugar donde vivimos	245
Decisiones con futuro	248
¿Conviene contar siempre con un plan B?	251
La ciencia del amor	254
Buenas compañías	256
Las claves de la alimentación	258
La felicidad de jugar	261
La felicidad de hacer lo que nos gusta	264
Por un cerebro saludable para toda la vida	266
 7. El futuro es nuestro	 271
Entender la pobreza para hacerle frente	275
El caso de la brecha lingüística en los niños	277
La salud para el desarrollo humano	280
Poner en jaque a la catástrofe	283
La mente del terrorista	286
Neurociencias y derecho	291
Las claves del cerebro económico	294
La soledad como cuestión de Estado	298
¿Cómo aprender mejor?	302
La universidad para el futuro	308
Elogio de la ciencia básica	311
La evolución de las políticas públicas	312
Estar listos para un futuro que ya ha llegado	316

CAPÍTULO 1

El futuro del cerebro

Una de las capacidades más fascinantes que tenemos los seres humanos es la de imaginar lo que puede llegar a suceder, la de planificar nuestras acciones, prever distintos escenarios. Es decir, *pensar el futuro*. La complejidad de nuestro cerebro no solo nos permite reflexionar sobre nosotros mismos en el momento presente, sino también revisar los pasos que nos llevaron hasta aquí e interrogarnos por los que aún no hemos dado. De esta manera, intentamos reducir la incertidumbre sobre lo que vendrá. Entonces nos planteamos: ¿cómo será nuestro devenir?, ¿cómo seremos nosotros mismos en el futuro? Y si, como se dice comúnmente, *somos nuestro cerebro*, ¿qué será de ese órgano tan complejo y fascinante que nos hace humanos?

Nuestro cerebro no está aislado del mundo exterior; por el contrario, forma parte de un cuerpo que se desarrolla y madura en un contexto específico, interactuando con seres sociales y con objetos inanimados. Ese contexto en el que una persona crece da forma a la organización funcional y a la conectividad del cerebro, afectando así a su comportamiento. De este hecho se desprende que el desarrollo y funcionamiento del cerebro no está determinado únicamente por la carga genética, sino que el ambiente cumple un papel esencial. Existen mecanismos epigenéticos que alteran la transcripción o expresión de los genes en partes específicas del cuerpo o del cerebro, y se cree que son justamente estos mecanismos los que posibilitan la gran adaptabilidad del organismo al entorno. Se ha demostrado, incluso, que las experiencias en el desarrollo

temprano, como la nutrición, el cuidado parental y el estrés, pueden generar mecanismos que alteran la estructura y funcionamiento del cerebro, y estos cambios pueden influir en la expresión genética y persistir a través de las generaciones. Por lo tanto, el estudio del cerebro requiere de la comprensión del ambiente donde se desarrolla. Entonces, para intentar predecir cómo será nuestro cerebro dentro de cientos de años, debemos tener en cuenta el entorno en el que nos encontramos, los cambios físicos que experimentamos. Por ejemplo, factores como la temperatura, los patrones de alimentación, de locomoción y de sueño, y nuestra pericia en el uso de herramientas tecnológicas nos dan pistas sobre qué cambio es probable o improbable que experimentemos.

Nuestro presente está marcado por la revolución del desarrollo tecnológico. Este cambio, junto con la ampliación y profesionalización del campo de la investigación científica y sus consecuentes descubrimientos, potenciaron el recorrido de las neurociencias. En las últimas décadas, se han logrado una serie de descubrimientos fundamentales que permiten desbloquear algunos de los misterios del cerebro. Hemos sido testigos, por ejemplo, de la secuenciación del genoma humano, del desarrollo de nuevas herramientas para estudiar las conexiones neuronales y de la explosión de la nanotecnología. Estos descubrimientos han dado lugar a una integración inaudita entre diversas disciplinas. En la intersección de las nanociencias, las neuroimágenes, la ingeniería, la informática y otros campos emergentes de la ciencia late una gran promesa. Gracias a estos avances contamos con teorías parceladas sobre el funcionamiento de la mente en relación con el cerebro. Sin embargo, queda mucho por recorrer. Los modelos con que contamos son abstractos y simplificados, y no tenemos una teoría unificada. Mientras que algunos procesos se conocen con mayor o menor precisión (como el funcionamiento de los sentidos), los procesos cognitivos de orden superior, como el lenguaje, el razonamiento, la creatividad y la cognición social, entre otros, no tienen una explicación exhaustiva. Asimismo, aunque los científicos han sido capaces de desentrañar algunos correlatos neuronales de las experiencias conscientes, no podemos explicar por qué las experiencias se sienten como se sienten.

El estado actual de la ciencia nos hace estimar que en los próximos años algunos de estos enigmas fundamentales se irán desvelando.

Además de ayudarnos a profundizar nuestro conocimiento, las tecnologías también contribuyen a generar nuevos mecanismos de diagnóstico y nuevos tratamientos para diversas enfermedades. La relación entre la biología y la tecnología es posible porque los cerebros y los ordenadores se comunican en *dialectos de la misma lengua*. La información que proviene de los oídos, de la visión o de la piel es convertida en señales electroquímicas. El cerebro intentará decodificar cualquier información con una estructura que mapee el mundo externo. Conocer esto nos puede llevar a pensar cosas inimaginables. Por ejemplo, adicionar sentidos a los ya conocidos. Como esas viejas películas de ciencia ficción que veíamos en nuestra infancia, la tecnología se traduce en avances asombrosos que nos permiten conocer nuestro cerebro y otorgarle potencialidades.

Podemos decir que hoy nuestro cerebro funciona como el de nuestros ancestros, solo que adaptado a un mundo diferente con reglas diferentes. La tecnología afecta a nuestro cerebro de la misma forma en que lo hacen los demás estímulos de nuestro entorno. ¿Contribuirá entonces a facilitarnos la vida?, ¿nos permitirá encontrar la solución a nuestros problemas? O, por el contrario, ¿debilitará nuestras mentes?, ¿nos convertirá en hombres y mujeres deshumanizados?

Resulta fundamental dar a conocer los descubrimientos y el desarrollo de técnicas y tratamientos para el cerebro. También, revisar sus ventajas y consecuencias y debatir los dilemas que plantean. La tecnología forma parte de nuestra cotidianeidad. Para entender su impacto en nuestro órgano más complejo y fundamental, debemos ser conscientes de cómo la usamos, de la ansiedad que puede producirnos no disponer de ella, del estrés que ocasiona la sobreestimulación en cada etapa de nuestra vida. Preguntarnos qué pasará con nuestro cerebro en el futuro es, al fin y al cabo, pensar qué pasará con nosotros mismos, con los seres humanos.

Como no paramos de ver todos los días, el desarrollo de los avances tecnológicos es impactante. ¿Llegará a competir con nuestras propias habilidades humanas? ¿Nuestros cerebros se volverán piezas obsoletas

en relación con la inteligencia artificial? ¿Será por fin realidad eso que muchas veces presagió el cine de catástrofes, que las máquinas nos superarán y nos dominarán? En este primer capítulo vamos a abordar muchas de estas preguntas y a plantear múltiples reflexiones para saber desde ahora mismo qué será del cerebro en el futuro. Este futuro.

¿SON LAS MÁQUINAS MÁS SABIAS QUE LOS HUMANOS?

Si buscamos vuelos en Internet para viajar a alguna ciudad del mundo, al poco tiempo comenzarán a aparecernos en pantalla anuncios de alojamiento para el destino elegido. Los teléfonos inteligentes nos entienden cuando preguntamos cómo está el tiempo y cuando pedimos que nos comuniquen con alguien. Las plataformas de redes sociales y los sistemas de *streaming* nos ofrecen información en función de nuestros intereses. Estos son ejemplos cotidianos de cómo la inteligencia artificial (IA) está cada vez más presente en nuestra vida, recopilando información sobre nuestras preferencias, analizando datos de nuestros comportamientos y actuando en consecuencia. Claro que no se trata de algo que haya empezado hace poco: en 1977, el célebre ordenador Deep Blue venció al campeón mundial de ajedrez Garry Kasparov, y en 2011 el sistema informático Watson ganó el concurso de preguntas y respuestas Jeopardy! Pero la novedad que trae consigo la nueva ola de IA es que existen algoritmos capaces de procesar inmensas cantidades de información (bibliotecas enteras de texto), algoritmos que pueden encontrar patrones comunes en toda esa marea de datos y, por ejemplo, brindar respuesta a ciertas preguntas o clasificar esa información en entidades con características comunes. Por el momento, estos algoritmos siguen dependiendo de una integración humana que interprete su respuesta o su forma de clasificar la información y evalúe si es adecuada o no. También existe un *aprendizaje supervisado* en el que a un algoritmo se le proporcionan ejemplos de la información que tiene que procesar y cómo hacerlo. AlphaGo, un programa informático de Google DeepMind, ganó en 2016 al campeón mundial de Go (un sofisticado

juego de estrategia del este de Asia) gracias a su entrenamiento en jugadas históricas y a la simulación de millones de partidas nuevas usando un método distinto: el aprendizaje por refuerzo. La nueva versión, AlphaGo Zero, ya no necesita del humano. Ya no aprende de jugadas históricas sino solo conociendo las reglas: juega millones de veces contra sí mismo, comenzando con jugadas aleatorias hasta que aprende cuáles son las mejores. Ante esta situación, muchos advierten del peligro de que las máquinas devengan más inteligentes que los humanos. Una aproximación teórica a este problema sostiene que, si se creara una máquina *ultrainteligente*, que superara nuestras capacidades, se produciría una suerte de fenómeno de superación exponencial: la máquina sería capaz de autoperfeccionarse y crearía, a su vez, una máquina más inteligente que ella misma, y así sucesivamente, lo cual produciría cambios drásticos en la civilización imposibles de predecir y de controlar. Este fenómeno, conocido como «singularidad tecnológica», sumado al hecho de que la velocidad de procesamiento de los ordenadores se duplica cada dos años, ha llevado a argumentar que esta explosión sucedería a un ritmo tan rápido que los humanos quedaríamos desfasados en las próximas décadas. Uno de los investigadores en inteligencia artificial que más ha difundido esta idea es el inventor y futurista Ray Kurzweil, cuyos famosos libros *La singularidad está cerca* y *Cómo crear una mente: el secreto del pensamiento humano* atrajeron la atención de científicos, de la prensa y del público en general. Su experiencia y análisis lo han llevado a predecir que en 2029 contaremos con el desarrollo de una inteligencia artificial cuyo comportamiento será indistinguible del comportamiento del cerebro humano y, en 2045, habremos de enfrentarnos a la singularidad tecnológica. En su conocida charla TED de 2005, sostiene que para entonces

habremos completado la ingeniería inversa del cerebro humano. Los ordenadores combinarán los sutiles poderes de reconocimiento global de la inteligencia humana con medios en que las máquinas serán ya superiores en términos de pensamiento analítico, recordando miles de millones de datos de forma precisa.

La *ingeniería inversa* es el método por el cual se obtiene información o un diseño a partir de un producto, permitiendo determinar cuáles son sus componentes y la forma en que interactúan entre sí, hacerle modificaciones y mejorar su funcionamiento. Este método, aplicado al estudio del cerebro, alude al proceso de descubrir cómo funciona esta parte de nuestro cuerpo, cómo procesa la información, hasta el punto de que, una vez conocido, podamos crear un programa que cumpla las mismas funciones. En el momento en que esto se logre, las máquinas deberían ser consideradas *humanas*. Kurzweil va más allá y plantea una suerte de nueva humanidad:

Vamos a fusionarnos con nuestra tecnología. [...] [Los nanobots] irán dentro de nuestro cerebro, interactuando con nuestras neuronas biológicas.

Supone entonces que llegaremos a contar con millones de nanorrobots microscópicos que podrán inhibir o estimular las neuronas responsables del procesamiento de la información proporcionada por los sentidos. Al ser capaces de subir a Internet los correlatos neurológicos de nuestros pensamientos y recuerdos podremos vivir desde una inmersión completa en la realidad virtual hasta la posibilidad de trascender las limitaciones de nuestro cerebro biológico. Esta explosión de inteligencia se acelerará, conduciéndonos finalmente al mundo de la singularidad.

¿Es realmente probable que suceda esto? ¿Se fabricará una mente similar o superior a la nuestra? ¿Es la inteligencia artificial comparable con la humana? ¿O acaso la inteligencia artificial es (y seguirá siendo) una herramienta que permite potenciar nuestras capacidades naturales (así como las aprendidas)?

Digamos, en principio, que la inteligencia humana es una capacidad sumamente compleja, todavía no bien definida ni entendida, que afecta, entre otras, a nuestras habilidades motoras, emocionales, sociales y cognitivas. Las máquinas son más eficaces que la mente humana en algunas áreas específicas: por ejemplo, Internet lo recuerda *todo* (como

la célebre Biblioteca de Babel de Borges), y una simple calculadora científica nos aventaja en la velocidad de procesamiento matemático. Pero no debemos dejarnos engañar: dejando de lado estas particularidades y muchas otras más, la inteligencia artificial es limitada en su capacidad de integración y en la toma de decisiones tal como la aplicamos los humanos. El ordenador más poderoso no es ni remotamente comparable a un ser humano en cualidades como la intuición, la perspicacia y el ingenio, y mucho menos en su empatía, creatividad, capacidad de sentir y capacidad de adoptar expresiones morales, cualidades que se han desarrollado en los humanos a lo largo de millones de años de evolución. Además, los ordenadores carecen de conciencia y de autodeterminación; no tienen creencias, deseos ni motivaciones. Para construir una máquina consciente, deberíamos ser capaces de reproducir cada uno de los componentes esenciales que dan lugar a la conciencia. Y esto no es posible, porque no somos capaces de explicar cómo el cerebro da lugar a la conciencia. Otro aspecto fundamental es el papel de las emociones y el cuerpo en el procesamiento cognitivo. La visión de la mente humana como un mero *procesador de información* ya ha sido rebatida por la ciencia. Hoy sabemos que los circuitos neuronales que subyacen a la cognición y la emoción son interdependientes y que intervienen en el funcionamiento de los procesos más básicos, como la percepción temprana, pero también en los más complejos, como la toma de decisiones, el razonamiento y la conducta moral y social. Esto quiere decir, por ejemplo, que no procesamos la información nueva de manera enteramente racional, sino que la integramos con información sobre nuestras experiencias pasadas y con sensaciones corporales para interpretar lo que sucede a nuestro alrededor a través de inferencias y tomar decisiones para poder actuar. Aun ante información incompleta o contradictoria, los humanos somos capaces de *intuir o leer* claves contextuales y adaptar nuestra conducta en consonancia con ellas. Ser capaz de traducir al instante una lengua no es lo mismo que comprenderla. De manera similar, el que un dispositivo sea capaz de detectar rostros no quiere decir que pueda reconocer las expresiones faciales, inferir lo que significan en un contexto determinado y adaptar su reacción en función de

dicha información. Además, el aprendizaje humano y nuestras vivencias emocionales no se basan únicamente en el *hardware* de nuestro cerebro; también precisamos de la experimentación en un entorno físico a través de nuestro propio cuerpo. Los hallazgos neurocientíficos cuestionan cada vez más el dualismo cartesiano que establece una separación tajante entre la mente y el cuerpo. De ahí que la idea de una mente virtual almacenada fuera del cuerpo sea altamente endeble.

A pesar de que la inteligencia artificial y la humana están lejos de ser comparables, y de que el surgimiento de una especie de ente artificial consciente y autónomo en las próximas décadas parece algo propio de la ciencia ficción, debemos no obstante reconocer que estamos entrando en una nueva era en lo que respecta a la interacción entre la tecnología y nuestras capacidades humanas. No se pueden negar los inmensos avances tecnológicos ni la extraordinaria velocidad de procesamiento de la información de las propias máquinas, que además crece exponencialmente año tras año. Tampoco hemos de soslayar los impactantes usos de las nuevas tecnologías, que complementan y potencian nuestro saber y nuestras prácticas. Pero la inteligencia humana es mucho más que velocidad de procesamiento y análisis de datos. Aunque los ordenadores sean capaces de realizar tareas automatizadas, de analizar enormes cantidades de datos, de encontrar y solucionar problemas específicos con asombrosa rapidez y precisión, son incapaces de sentir, de adaptarse flexiblemente a nuevas situaciones y de tener la maravillosa capacidad creativa de un ser humano. Tampoco tienen emociones, sensibilidad, ni conciencia. De este modo, los ordenadores son (y debemos ocuparnos de que lo sigan siendo en el futuro) unos formidables instrumentos que ayudan y potencian a quienes los crearon: nosotros, los seres humanos.

*

Sé que a ti, tan serena y tranquila, no te asalta, como a mí, una imaginación desbocada, furiosa, ni la sensación de estar pletórica de un vigor y de una energía parecida a la de esos vientos embravecidos que recorren el pá-

ramo, a la de las olas gigantes que una galerna puede levantar, y hasta a la de la lava ardiente que, según cuentan los viajeros, brota violenta de las entrañas de la tierra. Esa sensación tengo, querida Ellen, debajo de la evidente debilidad de mi cuerpo, tan insignificante y castigado por la enfermedad. Y todavía sigo sorprendida y admirada de que una fragilidad como la mía pueda albergar tal imaginación, cargada, con fuerza y hasta con violencia, de sueños tan esplendorosos y magníficos. Tal vez ese poder de soñar por encima de la miseria de nuestra condición es lo que nos hace de verdad divinos, querida Ellen, y disculpa si digo estas cosas que pueden parecer un poco heréticas, aunque me tranquiliza saber que, de acuerdo con tu vieja promesa, también quemarás esta carta.

CHARLOTTE BRONTË,
carta a Ellen Nussey, 26 de febrero de 1855

EL CEREBRO HUMANO FRENTE AL ORDENADOR

En un intento de comprender mejor un órgano tan complejo como es nuestro cerebro, se lo ha comparado con distintos elementos e inventos. En estos años resulta habitual comparar el cerebro humano con los ordenadores. Y cuando se los relaciona, se ponderan las virtudes y defectos de cada uno. Si nos detenemos en estas valoraciones, podemos decir (sin caer en ningún fundamentalismo) que el cerebro parece ser mejor en el desempeño de ciertas funciones mientras que el ordenador destaca en otras. Este puede realizar con gran rapidez y precisión operaciones matemáticas y otras tareas lógicas; el cerebro humano, en cambio, tiene la extraordinaria capacidad de interpretar la complejidad del mundo exterior y de imaginar otros universos posibles. Y no olvidemos que el cerebro humano puede inventar ordenadores y tecnologías capaces de interactuar con él mismo.

La investigación en neurociencia cognitiva ha revelado muchas diferencias importantes entre el cerebro humano y los ordenadores. En principio, los cerebros son analógicos (procesan señales continuas),

mientras que los ordenadores son digitales (procesan señales en forma de unidades discretas como el cero y el uno); el cerebro procesa información masiva involucrando a muchas áreas que realizan varios procesamiento al mismo tiempo; por el contrario, los ordenadores pueden efectuar varias operaciones al mismo tiempo, pero tienen que dividir esas operaciones en pequeñas tareas que a su vez son distribuidas en distintos módulos de preprocesamiento. Deben por tanto terminar de hacer una parte de la tarea para que pueda empezar la otra parte. Nuestro cerebro, en cambio, procesa e integra información múltiple proveniente de nuestros sentidos, de nuestra memoria y de nuestras sensaciones internas, y todo esto lo puede hacer en cuestión de segundos. Una muestra cabal de ello son las grandes jugadas de los deportistas de élite. Para explicarlo con un caso muy conocido, el exfutbolista de la selección argentina Jorge Valdano dijo lo siguiente respecto del famoso gol de Diego Maradona a Inglaterra en el Mundial de 1986:

Cuando llegamos al vestuario me dijo que durante toda la jugada había estado buscando un hueco para darme el balón a mí, que me tenía en el segundo palo acompañando. Esto nos da la referencia de la cantidad de ideas aprovechadas y desechadas que pasaron por la cabeza de Maradona en un espacio de diez segundos.

Apreciar estas y otras cualidades puede ser crucial para la comprensión de los mecanismos de procesamiento de la información neuronal y, en última instancia, para la creación de inteligencia artificial a la que nos hemos referido en las páginas anteriores. El cerebro tiene lo que los filósofos llaman «qualia», término que alude a la experiencia subjetiva y personal de la percepción y del flujo de conciencia, ya que cuando dos personas piensan, por ejemplo, en el concepto de amor, no piensan exactamente en lo mismo. Entonces ¿cómo se podrán simular conceptos humanos en un ordenador si estos no son iguales para todos?

Ambos, cerebro y ordenadores, son estudiados por los científicos. Pero, si los científicos de la computación logran entender el funcionamiento de los ordenadores, queda sin embargo mucho por aprender

sobre el cerebro, aunque haya miles de neurocientíficos estudiándolo. Es más, hay en él muchos más aspectos desconocidos que respuestas relativas a su funcionamiento.

Los seres humanos somos mucho más que *hardware* y *software*. Sabemos que nuestra experiencia modula las conexiones neuronales y nuestra genética. Somos también nuestras emociones o pasiones, nuestras frustraciones, nuestros sueños y nuestra esperanza e imaginación. ¿Cómo desarrollarán los ordenadores la actividad que genera nuestro lóbulo frontal? Solo así tendrán la capacidad necesaria para desarrollar y ejecutar un plan, para tener un pensamiento abstracto, para tomar decisiones, para inferir los sentimientos y pensamientos de los demás, para inhibir impulsos y para tantas otras funciones que nos hacen hábiles para vivir en sociedad. También para la metacognición, es decir, la habilidad para monitorizar y controlar nuestra propia mente y nuestra conducta. Esta última función nos ha permitido dar un paso gigantesco en términos evolutivos: hemos logrado convertirnos en la especie que se propone estudiarse a sí misma.

NEUROÉTICA O LOS LÍMITES DEL FUTURO

Los grandes avances científicos han permitido (y, según iremos viendo en este libro, seguirán permitiéndolo cada vez más) elaborar mejores estrategias de tratamiento de las enfermedades, brindando de esta manera una mejor calidad de vida a millones de pacientes y a sus familias. Específicamente, en el campo de las neurociencias, se han producido grandes transformaciones en las últimas décadas gracias a las nuevas herramientas y tecnologías disponibles (como las neuroimágenes y la genética) y el trabajo mancomunado de investigadores de diversas disciplinas. Estos progresos son revolucionarios.

Los avances en las neurociencias impactan en todas las disciplinas (porque todo lo que hacemos lo hacemos con el cerebro) y, sin duda, generan también disyuntivas relacionadas con la privacidad, la moral, la identidad, la seguridad, la espiritualidad, la libertad y la personali-

dad. Es el caso, por ejemplo, de los adelantos neurotecnológicos destinados al diagnóstico y rehabilitación de trastornos cerebrales, por cuanto pueden o podrían *hackear*, leer o alterar la actividad cerebral. Como dijimos, por primera vez en la historia, gracias a las neuroimágenes modernas, podemos extraer información del cerebro humano *in vivo* de forma consistente. Por eso, estos nuevos conocimientos abren también la posibilidad de reforzar, manipular o degradar la función cerebral, generando así importantes dilemas éticos, legales y sociales (hay pruebas, por ejemplo, de que cambiando los niveles de una hormona llamada «oxitocina», podemos modificar nuestra conducta social y el modo en que interactuamos con los demás).

De hecho, se ha alertado de que algunos de estos avances pueden utilizarse con fines militares. La Agencia de Investigación de Proyectos Avanzados de Defensa (DARPA, por sus siglas en inglés), del Departamento de Defensa de Estados Unidos, por ejemplo, responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para uso militar, ha invertido muchísimo en programas de neurotecnología. El Pentágono destina a este fin miles de millones de dólares. ¿Intentará alguien, algún día, implantar deseos o intenciones en los soldados? ¿O aumentar sus niveles de agresión? ¿Cómo influye en nuestra experiencia de seres humanos el uso de fármacos que estimulan la función cognitiva o modulan nuestras emociones?

El neurólogo Michael Tennison y el filósofo especializado en biotecnología y ética médica Jonathan Moreno advierten sobre el doble uso de los avances en el conocimiento neurocientífico, que resultan tan trascendentales para la vida de las personas como interesantes y atractivos para su uso militar. Por ejemplo, uno de los proyectos existentes concierne al desarrollo de unos binoculares portátiles que analizan las ondas cerebrales de los soldados y convierten las respuestas neurológicas al peligro (antes de que sean procesadas a nivel consciente) en información disponible para que se pueda identificar más rápidamente la fuente del riesgo. Ante tales desarrollos, estos investigadores consideran que la comunidad científica internacional debe permanecer atenta y revisar siempre las implicaciones éticas de sus trabajos.

Investigadores como James Giordano y Rachel Wurzman definen

las «neuroarmas» como desarrollos de la neurociencia que tienen como objetivo la alteración de ciertas funciones del sistema nervioso, tanto para aumentarlas como para disminuirlas, con el fin de afectar a procesos cognitivos, emocionales y/o motores y a capacidades como la percepción, el juicio, la moral o la tolerancia al dolor.

El uso de neurotecnologías capaces de influir sobre la función y los procesos del sistema nervioso no es una novedad. Ya se utilizó en gases nerviosos como el sarín y en sustancias estupefacientes como las anfetaminas. Si bien existen avances que podrían generar agentes tóxicos o drogas más potentes y específicas, ahora surgen nuevas tecnologías diseñadas para entender el cerebro y modular la función cerebral. El conocimiento de los circuitos cerebrales del miedo, la agresión, la toma de decisiones, la mentira y el engaño que aporta la neurociencia cognitiva y la posibilidad de implantar falsas memorias o de borrar memorias traumáticas, pueden ser también de interés para la industria militar. Por su parte, la neurociencia computacional puede contribuir al desarrollo de inteligencias artificiales que hagan posible la conducción de vehículos no tripulados con mayor autonomía y peligrosidad. Asimismo, el diseño de interfaces cerebro-máquina podría emplearse para tener mayor eficiencia en entornos de combate o para dirigir soldados biónicos. La ciencia ficción planteó problemas similares en *¿Sueñan los androides con ovejas eléctricas?*, del escritor estadounidense Philip K. Dick, que fue llevada al cine con el título de *Blade Runner*. Aquí, los humanos que quedan en la Tierra pueden programar sus emociones para hacer frente a las actividades que han de realizar; así es como su protagonista *configura cómo ha de sentirse* para poder combatir a androides rebeldes que tienen una inteligencia artificial muy superior a la de los humanos.

Mientras que otras áreas de la ciencia cuentan con campos específicos que reflexionan y analizan la forma en que se hacen las investigaciones, al tiempo que evalúan también sus efectos y consecuencias (por ejemplo, la bioética), la neurociencia en cambio, a lo largo de estos años, se ha planteado en mucha menor medida el impacto y alcance que podrían tener sus nuevos descubrimientos en la sociedad.