

# Neurociencia: Más allá del cerebro

■ Neurociencia

P.02

■ Acercar la  
neurociencia

P.15

■ Tecnologías  
punteras

P.28

■ El futuro de la  
neurociencia

P.36



# Índice

01

## Neurociencia

1.1	Más allá del cerebro	04
1.2	Conexiones: la base del funcionamiento neuronal	05
1.2.1	Los patrones de conexión	07
1.2.2	La neurona Jennifer Aniston	09
1.2.3	La tecnología que hace posible la observación del cerebro	09
1.3	La salud mental	10
1.3.1	Perspectivas de futuro	12
1.3.2	Coste de las medicinas	13

02

## Acercar la neurociencia

2.1	Dispositivos	15
2.2	Implicaciones legales	17
2.3	Aplicaciones en la sociedad	19
2.3.1	Neurociencia en las aulas	19
2.3.2	Neurociencia en el trabajo	21
2.3.3	Neurociencia en las áreas de negocio de las empresas	22
2.3.4	El día a día en enfermedades mentales	24

03

## Tecnologías punteras

3.1	Inteligencia Artificial	29
3.2	Interfaces cerebro-máquina	30
3.3	Realidad virtual	32
3.4	Wearable	33
3.5	Máquinas que sienten	33

04

## El futuro de la neurociencia

4.1	Lo que las empresas traerán	36
4.2	Un futuro alentador	38
4.2.1	Evolución en las técnicas de neuroimagen	38
4.2.2	Un tratamiento diferente para cada persona	39
4.2.3	Más conocimiento, mejoras para todos	39
4.2.4	Humanos mejorados	39
4.2.5	Cada vez más cerca de una regulación	40
4.2.6	Cuidado de la salud a través de dispositivos	40
4.2.7	Curar enfermedades incurables	40
4.2.8	Salud mental: nueva concepción y tratamientos	41



01

# Neurociencia

Tu **cerebro define quién eres**, cómo procesas el mundo que te rodea y cómo respondes a los estímulos. En el cerebro suceden procesos como enamorarse de alguien, ser capaz de reconocerte a ti mismo, que un olor te recuerde a un lugar, tu tolerancia al dolor, incluso recomponer un corazón roto es labor del cerebro, de las hormonas que secreta y de los pensamientos que genera.

Pero también entender tu día a día como una amenaza, no ver algunos colores, perder el sentido de la propiocepción o tu capacidad para comunicarte, olvidarte de quién es tu hija o perder el interés por la vida. Son consecuencias de disfunciones provocadas por enfermedades, lesiones o falta de desarrollo que afectan al órgano estrella del cuerpo.

objetivo de comprender el funcionamiento y la estructura del sistema nervioso desde distintas aproximaciones, mediante metodologías y técnicas diversas”.

## ■ ¿Qué es la neurociencia?

Todos estos procesos tienen que ver con la neurociencia, pero, ¿qué es la neurociencia? Indudablemente, es una pregunta difícil de responder. La definición oficial asegura que es la “ciencia que se ocupa del sistema nervioso y de cada uno de sus diversos aspectos y funciones especializadas”. Aunque certera, se trata de una definición que se nos queda pequeña. Si vamos un poco más al detalle, y teniendo en cuenta la complejidad de los procesos que suceden en el cerebro, podríamos decir que la neurociencia “surge con el



Lo que esta definición quiere decir es que la ciencia del cerebro necesita de la colaboración de multitud de disciplinas para desentrañar los entresijos del órgano más complejo de nuestro cuerpo. La química, la fisiología, la psicología, la farmacología, la genética, la ingeniería de varios ámbitos, más recientemente, la informática... todas ellas participan también en la neurociencia. Estamos hechos de estructuras cerebrales, sinapsis entre neuronas y procesos mentales. También de emociones, enfermedades neurológicas y mentales. Parece que cada nuevo descubrimiento hace más obvia la necesidad de entender la neurociencia desde distintas perspectivas. De hecho, hay quien asegura que **la neurociencia no es solo una, sino que tendría más sentido hablar de neurociencias, en plural, ya que en realidad son distintas disciplinas las que estudian las bases biológicas de la conducta.**

Pero ni siquiera eso completa la ecuación. Si queremos entender lo que es la neurociencia ahora mismo, no podemos pasar por alto las nuevas tecnologías. Con ellas, la observación del cerebro es más minuciosa que nunca, podemos ser humanos mejorados gracias a las interfaces cerebro-máquina e incluso crear máquinas con sentimientos gracias a la inteligencia artificial. El desarrollo de la computación, el *big data*, la llegada de la realidad virtual, la nanotecnología y las máquinas de secuenciación genética, entre otras tecnologías, están redefiniendo esta ciencia. Ahora, además de entender el funcionamiento del cerebro humano, también es importante tener en cuenta lo que aprendemos de las máquinas y de su capacidad para analizar información y predecir, por ejemplo, patrones de conexión entre neuronas.

## 1.1

### Más allá del cerebro

Tradicionalmente, esta ciencia se ha estudiado poniendo al cerebro en el centro. *"Por supuesto, es perfectamente aceptable, porque hemos tenido un éxito tremendo con la neurociencia y por eso nos hemos permitido pensar que deberíamos centrarnos solo en el cerebro y no hablar de prácticamente nada que no sea el cerebro"*, explica **Antonio Damasio**. Pero también aporta una visión novedosa que puede ayudarnos a entender mejor en qué consiste la neurociencia más allá del cerebro.

En la Tierra hay vida desde hace 4.000 millones de años, y solo en una fracción muy pequeña de ese periodo ha habido vida con sistemas nerviosos, como mucho, unos 500 millones de años. La mayoría del tiempo, nuestro planeta ha estado habitado por sistemas vivos unicelulares, como las bacterias. A pesar de ser organismos con una estructura aparentemente simple, Damasio opina que se les debería haber prestado más atención para entender el cerebro humano. ¿Por qué?

*"Observamos en ellas comportamientos complejos, la posibilidad de detectar estímulos y responder a ellos (tienen sensibilidad, aunque no conciencia); vemos metabolismos complejos, que regulan sus procesos vitales, y también algo que, a menudo, la gente no asocia con la vida unicelular: la socialización"*. Tienen la posibilidad de formar alianzas, de cooperar y de combatir. Esto nos lleva a la conclusión de que *"hay mucha vida inteligente fuera del cerebro, incluso en las bacterias, que pueden hacer cosas que ni siquiera el más inteligente de los robots puede hacer"*, comenta sobre este asunto **Matthew Hutson**.

Pero, a pesar de haber demostrado ser seres muy exitosos, han pasado desapercibidos en el estudio de la neurociencia y el comportamiento humano. *"Creo que ha*

*sucedido por el gran éxito que los neurocientíficos hemos tenido en el estudio de, por ejemplo, la percepción, la atención, el razonamiento, la memoria, el movimiento, el lenguaje...”, apunta Damasio. “De hecho, durante el siglo XX, el éxito fue tan grande que realmente complicó la conexión con otros aspectos de la neurociencia, como por ejemplo el afecto, la emoción y la posibilidad de sentir”. Es decir, dificultó la colaboración entre distintas disciplinas.*

*“Tenemos que darnos cuenta de que el sistema nervioso, con toda su complejidad, hace una cosa muy sencilla: prolonga, expande y actualiza el proyecto de homeostasis”. En el contexto de la neurociencia, la homeostasis hace referencia a “una colección de reglas y regulaciones destinadas a mantener la vida en el futuro y resistir la tendencia a la enfermedad y el declive”, según el propio Damasio. “Así que realmente no creo que haya una gran diferencia entre lo que logra el sistema nervioso y cómo lo hace, y lo que las bacterias, esos organismos increíbles y tan exitosos, logran”.*

Por eso, para llegar a conseguir una definición lo más completa posible de la neurociencia, Damasio pide que *“no perdamos de vista la vida y los organismos en general, no nos centremos solamente en la neurociencia y las tecnologías que se enfocan puramente en el cerebro. Observemos el cerebro en el contexto de la biología general”*. Cualquier nueva aproximación es bienvenida, ya que el cerebro sigue siendo el órgano humano más misterioso. Ya lo dijo **Neil deGrasse Tyson**, astrofísico y divulgador científico estadounidense: *“todo lo que hacemos, cada pensamiento que hemos tenido, es producido por el cerebro humano. Pero exactamente cómo funciona sigue siendo uno de los mayores misterios sin resolver y parece que, cuanto más investigamos sus secretos, más sorpresas nos encontramos”*.

## 1.2

### Conexiones: la base del funcionamiento neuronal

A fines del siglo XIX, **Santiago Ramón y Cajal** situó por primera vez las neuronas como elementos individuales del sistema nervioso: propuso que actuaban como unidades que se intercomunicaban estableciendo una especie de red de conexiones, lo que lo convirtió en el primer español en recibir un premio Nobel de Medicina en 1906. A día de hoy, ya es una realidad irrefutable que la neurona es la unidad estructural y funcional del sistema nervioso.

Estas células reciben los estímulos del entorno, los convierten en impulsos nerviosos y los transmiten a otra

neurona o a una célula muscular que producirá una respuesta.

## ■ La neurona es la unidad estructural y funcional del sistema nervioso

Decenas de años después, la investigación en neurociencia nos ha llevado a descubrir datos asombrosos del funcionamiento neuronal. Conocemos perfectamente su morfología, sabemos que tienen núcleo, dendritas y un axón y hemos visto al detalle cómo se comunican entre ellas. También sabemos cómo se transmiten los impulsos nerviosos de una neurona a la siguiente y que hay algunas que están especializadas en el sistema visual y otras en el auditivo, algunas que se encargan de ayudarnos a recordar y otras a reconocer caras. Aunque también hemos aprendido que no hay áreas anatómicas concretas para todos estos sistemas, sino redes neuronales que se refuerzan a cada nueva conexión.



A pesar de que sabemos mucho más del funcionamiento neuronal que hace un siglo, aún hay mecanismos que son un misterio para los científicos y que, día a día, trabajan para desentrañarlos. Una de las preguntas más interesantes que se plantean actualmente en esta área es: ¿qué determina la forma en que se conectan entre sí las distintas partes cerebrales? **Alex Fornito** desempeña gran parte de su trabajo precisamente intentando responder a esta pregunta. Fornito estudia las conexiones neuronales y modela el cerebro como un red interconectada. Un concepto central en su campo de trabajo es el **conectoma, un mapa de las conexiones que se producen entre las neuronas y que dibuja cómo se relacionan las distintas áreas cerebrales**. *"El conectoma es la base de la aproximación que entiende que el cerebro es una unidad integrada, es decir, que en lugar de presentar diferentes zonas con funciones muy concretas, está moldeada en función de las conexiones"*, tal y como define **Fernando Maestú**, catedrático de psicología de la Universidad Complutense de Madrid.

## ■ El conectoma es el mapa de las conexiones en el cerebro

Para entender qué patrones de conexión existen y qué determina esos patrones, Fornito y su equipo analizaron mediante un escáner las conexiones cerebrales de

distintas personas, con un modelo que les permitía definir qué áreas se comunicaban entre sí en el cerebro. *"Dividimos el cerebro en diferentes regiones. Cada una de esas regiones se convierten en un punto o un nodo, y dibujamos unas líneas conectándolos"*. Así, obtuvieron una representación gráfica de las redes. *"Este es un modelo muy flexible que permite hacer diferentes tipos de análisis"*, explica Fornito. *"Por ejemplo, permite generar unos mapas que muestran qué circuito cerebral en concreto se ve afectado en una persona con depresión, TDAH o esquizofrenia, así podemos empezar a buscar las similitudes y diferencias entre los diferentes trastornos"*. Pero Fornito y su equipo no se quedaron ahí: fueron un paso más allá y llevaron a cabo lo que denominamos "análisis topológico" para cuantificar más en detalle diferentes aspectos sobre cómo las conexiones se organizan en el cerebro.

Al analizar en profundidad las conexiones cerebrales vieron que se puede dividir el cerebro en módulos. **Los módulos cerebrales no son tanto áreas anatómicas como conjuntos de conexiones**. *"Conforman un módulo aquellas conexiones que están fuertemente conectadas entre sí. Así que se piensa que sirven para responder a funciones relacionadas"*, explica Alex Fornito. Por ejemplo, hay un módulo para el sistema auditivo y otro para el sistema visual. Los puntos que se conectan dentro de esos módulos, dentro de esos sistemas, se denominan nodos y aquellos nodos a los que llega una afluencia mayor de conexiones se denominan *hubs*.

Pero la cosa no queda ahí. Los *hubs* de cada módulo están conectados entre sí. Es decir, el punto del sistema auditivo que más conexiones recibe está conectado con el punto del sistema visual que más conexiones recibe, formando lo que denominamos un *"rich club"*. *"Los hubs son ricos en cuanto a la cantidad de conexiones que tienen, muchas más que en otras partes cerebrales, y son clubs porque se interconectan unos con otros"*, aclara Fornito.

Así que estos puntos estratégicos del cerebro son clave para la comunicación de distintas áreas cerebrales. Pero también son los puntos del cerebro que más consumen y los más vulnerables a las enfermedades. Esta es al menos la conclusión a la que llegaron Alex Fornito y su equipo. *"Si mapeamos las áreas del córtex donde sabemos que se ubican algunos hubs y también mapeamos áreas donde se muestra el consumo de glucosa en estado de reposo, vemos que esas áreas se corresponden. Los hubs del cerebro son caros a nivel metabólico porque consumen mucha energía, pero aportan un gran valor funcional integrando las distintas partes del cerebro"*. Es decir, consumen mucha energía, pero son muy útiles porque conectan unas áreas cerebrales con otras.

Por si fuera poco, esta alta demanda de glucosa hace a los *hubs* particularmente vulnerables a las enfermedades. *“Si mapeamos el cerebro de una persona con Alzheimer se puede ver que las áreas con niveles más altos de concentración de la proteína amiloide, clave en el desarrollo de la enfermedad, corresponden con los hubs del cerebro. Y es algo que se ve al estudiar distintos desórdenes como la esquizofrenia, la depresión o la epilepsia”*, señala Fornito.

Así que, los hubs, son puntos clave del cerebro que aglutinan un gran número de conexiones, que permiten a distintas partes del cerebro comunicarse pero que, a cambio, consumen mucha energía y son vulnerables a las enfermedades. *“Son muy valiosos por la función que desempeñan pero también implican un gran coste”*, explica Fornito.

## ■ Los hubs son puntos clave del cerebro que aglutinan un gran número de conexiones

Pero hay una pregunta básica que no hemos planteado todavía: ¿de dónde surgen los *hubs*? ¿Cómo se determina su organización en el cerebro? Parece que la genética tiene algo que decir aquí. El equipo de Fornito ha trabajado en este asunto en los últimos años, centrándose especialmente en los gemelos humanos para cuantificar hasta qué punto los genes influyen en este asunto. Como resultado, encontraron que la influencia genética es mayor en la conexiones entre *hubs*, es decir, que no se distribuye de manera homogénea por todo el cerebro, sino que influye especialmente en los *hubs*. Los genes desempeñan un papel muy importante en la conectividad.

### 1.2.1

#### Los patrones de conexión

Ya hemos visto que el estudio de las conexiones entre neuronas permite conocer mejor cómo se comunican las distintas partes del cerebro y observar, por ejemplo, qué circuitos cerebrales en concreto se ven afectados en personas con depresión, TDAH o esquizofrenia. La aproximación propuesta por **Sean Hill** permite, además, ver cómo los cambios en la excitabilidad de las neuronas y las alteraciones del sueño también están relacionados con distintos trastornos neurológicos, psiquiátricos o de abuso de sustancias. Hill y sus colegas abordan este asunto a través del modelado integral que llevan a cabo

en **Blue Brain**. Este proyecto, que cumple 15 años de vida, tiene como objetivo **descifrar y estudiar en detalle las estructuras cerebrales**. Para ello, están desarrollando una simulación de todo el órgano a nivel molecular y están elaborando un mapa digital que recrea de la forma más precisa posible los senderos neuronales del cerebro humano y el modo en que estos se activan. Es decir, su trabajo consiste en integrar miles de datos para reconstruir digitalmente los circuitos y las estructuras cerebrales.

Después, les añaden las propiedades electrofisiológicas y las sinápticas para construir un modelo de los circuitos que refleje fenómenos como la oscilación lenta en las redes neuronales, una propiedad intrínseca de la corteza cerebral. Estas oscilaciones aparecen especialmente en algunas fases del sueño y consisten en oleadas de actividad neuronal que viajan de un punto a otro de la corteza con una frecuencia de entre uno o cuatro segundos. El modelo digital que diseñan en el proyecto Blue Brain integra esta oscilación de baja frecuencia basándose únicamente en los datos.

Para ejemplificar la utilidad de estos avances, Hill explica cómo la transición de la vigilia al sueño se acompaña de cambios notables en la actividad neuronal. Más concretamente, explica que las fases de vigilia y sueño no son totalmente binarias. ¿Qué significa esto? Que cuando duermes el cerebro no tiene por qué estar dormido del todo y cuando estás despierto, el cerebro no tiene por qué estar despierto necesariamente. Volvamos a las ondas lentas para entender cómo es posible que suceda esto.

Como comentábamos, estas ondas recorren la corteza cerebral durante algunas fases del sueño. Aunque sea

contraintuitivo, estas ondas que nos llevan a dormir comienzan cuando se activan ciertas neuronas. *"Al aumentar la excitabilidad de un microcircuito, se produce un cambio que lo hace más propenso a entrar en fase de sueño. Es decir, tiende más a producir estas oscilaciones de baja frecuencia, propias de periodos de sueño, que cuando su estado de excitabilidad está equilibrado"*, explica Hill. Durante la vigilia, la excitabilidad está en niveles normales y *"la respuesta a los estímulos es proporcional e integra las entradas correctamente"*. Durante la fase de sueño, se produce hiperexcitabilidad de ese circuito y una oscilación más lenta.

Pero la vigilia no siempre viene acompañada de una excitabilidad normal y el sueño no siempre viene acompañado de hiperexcitabilidad. Las ondas lentas también pueden aparecer durante la vigilia. *"Durante la vigilia, las neuronas corticales se disparan a intervalos irregulares"*, explica Hill. Esto significa que hay microintervalos de ondas lentas, propias del sueño, aún cuando estamos despiertos.

Algo parecido sucede durante el sueño. La oscilación de ondas lentas se compone de una fase de inactividad (propia de la vigilia) seguida por una fase de subida (propia del sueño). *"Observamos una transición muy abrupta entre las dos fases"*, explica Hill. Esto explica que *"haya partes del cerebro que están dormidas cuando nosotros estamos despiertos, especialmente en situaciones de falta de sueño"*.

La excitabilidad de las neuronas también influye en cómo se conectan con otras partes del cerebro. *"Si estimulamos un punto concreto durante la fase de vigilia, vemos una activación diversa del cerebro a lo largo de la red cerebral"*, explica Hill. *"Durante la fase de sueño, el mismo circuito produce solo una respuesta local que no se propaga por el cerebro"*. Así que hay una diferencia drástica en la conectividad del cerebro cuando estamos dormidos y cuando estamos despiertos. Uno de los procesos que actualmente cuenta con más evidencia para explicar esto es la hipótesis de la homeostasis sináptica, que sugiere que dormir por la noche es el precio que pagamos por tener la plasticidad cerebral que utilizamos durante el día. *"Si no se usa una parte determinada del cerebro durante el día, esa región local sufrirá una disminución del sueño por la noche"*

Con esta aproximación, el equipo de Hill intenta responder a la pregunta de qué implican los distintos estados del cerebro, cómo se relacionan con otros modos de excitabilidad y con el cerebro entero. Para ello, hace referencia a otro enfoque basado en nuevos datos, el proyecto [MouseLight de Janelia](#), con el que se puede identificar y hacer un seguimiento a todas las neuronas individuales del cerebro. *"Esto nos aporta una perspectiva*

*muy diferente de la que hemos tenido hasta ahora sobre el impacto que puede tener una neurona individual en el cerebro entero en apenas unos milisegundos"*, asegura Hill. *"Esto está transformando la forma en la que concebimos y entendemos el papel de cada neurona individual en el cerebro"*.

## ■ La excitabilidad de las neuronas también influye en cómo se conectan con otras partes del cerebro

Uno de los pasos más importantes que han podido dar integrando toda esta información es construir un conectoma predictivo a nivel sináptico de todo el cerebro. *"Integrando todos estos datos, podemos predecir todas las sinapsis del cerebro de un ratón"*, cuenta Hill. Es decir, no solo pueden estudiar cómo el cerebro se está conectando en ese momento, sino anticiparse a cómo lo hará. *"Y esto es solo el punto de partida, es un proceso que está en constante actualización"*.



### 1.2.2

## La neurona Jennifer Aniston

Desde hace 15 años, **Rodrigo Quian**, observa el comportamiento de neuronas individuales y grupos de neuronas asociadas en pacientes de epilepsia a los que se les implantan electrodos intracraneales para combatir su enfermedad. Les enseña fotografías y descubre que un grupo de neuronas responde solo ante fotografías de Jennifer Aniston. A nada más. No importa cómo sea la fotografía, la neurona responde. *"Eso es lo que la gente llama 'la neurona de Jennifer Aniston', quizá lo hayáis oído"*, explica Quian. *"Y, de la misma manera, encuentro otra neurona que responde a Halle Berry, a cualquier fotografía de Halle Berry; otra a Luke Skywalker, otra a la Ópera de Sydney, otra a Maradona, etc. Ocurre también cuando escribimos el nombre de, por ejemplo, Oprah Winfrey: escribo 'Oprah' y la neurona responde. Digo 'Oprah' y también responde"*.

Con esto, Quian defiende que hay neuronas en el cerebro humano que responden a conceptos y que lo hacen independientemente del contexto. Se activan ante la idea de Jennifer Aniston, no ante una fotografía específica, sino a ella en concreto. **Estas neuronas han sido bautizadas como células de concepto.** Lo que decide qué conceptos se asocian a un grupo de neuronas y cuáles no depende de la memoria del sujeto, de las cosas que son importantes para él y de lo que decida recordar. Además, estas neuronas se concentran en el hipocampo, un área que involucra la memoria. Teniendo esto en cuenta, Quian se plantea: ¿por qué hay neuronas que responden a conceptos en un área de memoria?

Para responder a esta pregunta llevaron a cabo varios experimentos partiendo de la suposición de que quizás se debe al hecho de que tendemos a recordar los conceptos y olvidar los detalles. *"Hemos comprobado que estas neuronas pueden codificar asociaciones (la base de los recuerdos) en un solo intento. Por tanto, si tengo una neurona de Jennifer Aniston y la emparejo con, digamos, la Torre Eiffel, la neurona codificará el recuerdo de Jennifer Aniston y la Torre Eiffel formando una nueva asociación; esta codificación de asociaciones se mantendrá con el paso del tiempo"*, explica Quian.

Además, por lo que se sabe hasta el momento, estas neuronas conceptuales son exclusivas de los seres humanos. *"Hasta ahora, no hemos encontrado estas neuronas en ningún otro animal. Se ha intentado con ratas y con monos, y no se ha encontrado nada remotamente parecido"*, explica Quian. *"Esto me hace pensar que quizás estas neuronas están relacionadas con la base de la inteligencia humana, de las habilidades cognitivas superiores"*.

## ■ Las neuronas conceptuales son exclusivas de los seres humanos

Lo que sí han encontrado en el hipocampo de otros animales es que estas neuronas dependen del contexto. Una neurona de una rata responde a un micrófono encima del podio, pero si ponemos el micrófono en el suelo, se activa otro conjunto de neuronas. *"Mi conjetura es que estas representaciones de abstracciones pueden ser la clave del pensamiento humano de alto nivel, de la capacidad de hacer analogías, inferencias y asociaciones dispares. Las representaciones abstractas independientes del contexto pueden estar relacionadas con el pensamiento humano y la inteligencia"*.

### 1.2.3

## La tecnología que hace posible la observación del cerebro

Todas estas aportaciones están acercándonos poco a poco a comprender con más detalle el funcionamiento del cerebro a nivel celular. Esto es posible gracias al desarrollo de la tecnología, que posibilita la observación de este

órgano a diferentes escalas y con diferentes técnicas. Es obvio que, **cuanto más evolucionen los métodos de observación, podremos obtener información más valiosa, detallada y rigurosa.** Actualmente, existen muchas modalidades de neuroimagen, como la resonancia magnética, la magnetoencefalografía o la electroencefalografía. También existen técnicas más detalladas, como la tomografía de coherencia óptica o la estimulación transcraneal con corriente continua. En general, podemos dividir las técnicas de neuroimagen que estudian los rasgos estructurales y anatómicos y las modalidades de imagen que estudian los aspectos funcionales.

## ■ Obtendremos información valiosa, detallada y rigurosa del cerebro

¿Cuáles son los usos de todas estas técnicas?

Principalmente, se utilizan para el diagnóstico clínico y para la investigación. **Ng Wai Hoe**, explica que las técnicas de neuroimagen son muy útiles a la hora de examinar el envejecimiento y la neurociencia de rehabilitación, también pueden ayudar a entender el aprendizaje infantil e incluso aplicarse en áreas como la inteligencia artificial, la neurociencia computacional, la ciencia de materiales, la ingeniería de hardware, la ingeniería biomédica y la biotecnología. *"Es interesante el hecho de que también podemos utilizar la investigación en neuroimagen para entender el comportamiento humano en los negocios, en la sociedad y en las ciencias sociales"*, añade **Ng Wai Hoe**.

Más concretamente, el NNI (Instituto nacional de Neurociencia de Singapur) tiene varios grupos de trabajo que se centran en la observación y el estudio de distintas afecciones basándose en las técnicas de neuroimagen. Por ejemplo, uno de sus equipos utiliza tractografía probabilística y determinista para estudiar la enfermedad de Parkinson. *"Esta tecnología y esta investigación también la estamos aplicando en estudios poblacionales longitudinales para intentar evaluar cómo el cerebro cambia durante el envejecimiento y las enfermedades*

*neurodegenerativas como la demencia"*, explica **Ng Wai Hoe**.

En el caso de la enfermedad de Parkinson, también utilizan las técnicas de neuroimagen para monitorizar la respuesta al tratamiento de los trasplantes neuronales. Otra enfermedad en la que su equipo ha puesto el foco es en la hidrocefalia de presión normal, que se caracteriza por afectar a las poblaciones más ancianas causándoles dificultad para caminar, demencia e incontinencia urinaria. Esta investigación les puede ayudar a designar el paciente idóneo para una terapia de derivación de líquido cefalorraquídeo concreta. Les sirve para intentar adaptar el tratamiento a los pacientes.

A pesar de todo lo que se puede conseguir con las técnicas actuales de neuroimagen, el desarrollo de nuevas herramientas es continuo. *"Las nuevas técnicas nos ayudarán a obtener más conocimiento e implementarlo, a educar y entrenar nuestra capacidad cerebral y a pronosticar mejor las enfermedades"*, asegura **Ng Wai Hoe**. *"Uno de los retos es cómo se puede transmitir dicho conocimiento para que se comercialice en la industria y se legisle de manera correcta"*. Es un reto importante de resolver: la investigación en neuroimagen plantea muchas preguntas éticas. **Ng Wai Hoe** señala algunas de ellas: ¿Cómo abordamos los resultados que obtenemos de manera fortuita? En el caso de aquellos delincuentes cuyos resultados de imagen muestran que tienen características diferentes, ¿los convierten dichas características en culpables o siguen siendo ellos responsables de sus propias acciones? *"También hay problemas jurídicos, como las cuestiones de privacidad, ya que los datos de las técnicas de neuroimagen se pueden utilizar de una manera que puede poner en peligro nuestra privacidad, lo cual también tiene implicaciones para el interés público y social"*.

### 1.3

## La salud mental

Hay más de 300 millones de personas que sufren depresión en todo el mundo, según la Organización

Mundial de la Salud. "Ya es una de las principales causas de discapacidad no solo en los Estados Unidos, sino en todo el planeta", explica **Mustafa Husain**. La OMS también calcula que hay unos 260 millones que sufren de ansiedad. Estas son las dos afecciones de salud mental más extendidas, pero no las únicas ni las más dramáticas. También el número de diagnósticos de esquizofrenia, trastorno bipolar u otros tipos de trastornos como los del espectro autista sigue aumentando.

Estos trastornos suponen un reto para la neurociencia y para toda la sociedad. *"Afectan no solo al paciente, sino a todo su entorno, incluida su productividad"*, explica Husain. *"Algunas personas hablan de la depresión como si fuera una enfermedad infecciosa porque afecta también a toda la familia del paciente, a todo su entorno"*. Sus efectos a largo plazo suponen un coste para toda la sociedad. Los datos lo demuestran: la OMS estima que la ansiedad y la depresión afectan tanto a los trabajadores que suponen mil millones de pérdidas en productividad cada año.

A los trastornos mentales, emocionales y del desarrollo hay que añadir otras enfermedades neurodegenerativas como el Alzheimer o el Parkinson que son motivo de estudio en la neurociencia por cómo afectan al cerebro y la dificultad para encontrar una cura o avances significativos en sus tratamientos: aparecen casi siempre en la tercera edad y merman por completo la calidad de vida de los enfermos.

Según algunos investigadores, los signos más tempranos de la enfermedad de Alzheimer aparecen en torno a 20 años antes de las manifestaciones de la enfermedad. ¿Cómo se puede diseñar un estudio clínico que ayude a estos pacientes? Esta es una de las preguntas que se plantea **Juan Carlos López**, neurocientífico con amplia experiencia en el ámbito del descubrimiento de fármacos, y que define como uno de los retos a los que la neurociencia debe hacer frente.



Lo mismo pasa con las personas que tienen problemas de desarrollo neurológico. A un niño que ha tenido problemas de conectividad cerebral durante diez años le das una medicina, ¿cuánto tiempo tiene que tomársela hasta revertir esa situación? Son preguntas para las que aún no tienen respuesta, en parte porque *"todas las ideas nuevas relacionadas con el mundo terapéutico vienen del ensayo en modelos animales, pero no hay ninguno tan bueno que represente una enfermedad neurológica que se pueda replicar en humanos"*.

A pesar de que estos retos suponen todavía una tarea pendiente para la neurociencia, el desarrollo de esta disciplina hasta la fecha nos permite saber otras muchas cosas sobre las enfermedades mentales y neurodegenerativas. *"El Alzheimer, la depresión y una variedad de trastornos mentales ponen en riesgo los sentimientos primarios y cómo se gestionan y organizan"*, explica Antonio Damasio. **Al mejorar el conocimiento sobre el funcionamiento cerebral, podemos entender mejor cómo funcionan también las enfermedades que implican a este órgano.**

Como ya hemos visto, podremos obtener información más valiosa, detallada y rigurosa del cerebro cuanto más evolucionen las técnicas de observación. El Instituto Nacional de Neurociencia de Singapur ya está utilizándolas en estudios poblacionales longitudinales para evaluar cómo el cerebro cambia durante el envejecimiento y las enfermedades neurodegenerativas como la demencia. También las usan para evaluar cómo responden los pacientes de Parkinson a los trasplantes de neuronas.

El estudio de las conexiones neuronales también permite a los expertos observar qué circuito cerebral en concreto se ve afectado en una persona con depresión, TDAH o esquizofrenia, y buscar las similitudes y diferencias entre los diferentes trastornos, tal como explica Alex Fornito. *"También sabemos ya qué conexiones están relacionadas con cada enfermedad mental"*, apunta Mustafa Hussein. *¿Cómo están influyendo en el desarrollo de terapias estos patrones de conectividad? Fornito explica que, "si puedes identificar una red disfuncional, puedes utilizar eso para seleccionar un objetivo concreto, bien sea de forma no invasiva o quirúrgicamente".* Aunque advierte de que es un área que se está desarrollando muy rápidamente y *"aún estamos averiguando cuál es la mejor forma de hacerlo. Sobre todo, para la estimulación cerebral no invasiva en las zonas cerebrales profundas"*.

Una de las aportaciones más novedosas viene de la mano de Sean Hill: *"Me gustaría recalcar que el sueño y la vigilia no son estados binarios"*, explica. *"Y que la intrusión del sueño local en el estado de vigilia tiene implicaciones muy potentes para entender la cognición y los trastornos de salud mental"*. Aunque Hill también señala que *"para mejorar la salud mental no necesitamos entender el 100% del funcionamiento del cerebro"*.

¿Cómo puede ayudar la neurociencia a tratar estas enfermedades? Al saber más de las enfermedades se pueden perfeccionar los tratamientos, según explica **Manuel López Figueroa**, director ejecutivo de la empresa de capital de riesgo Bay City Capital, en San Francisco, conocida por invertir en tecnologías que tienen un gran impacto en pacientes de psiquiatría o neurología. Trabaja en el grupo **[Pritzker Neuropsychiatric Disorders Research Consortium](#)**, junto a otros investigadores, para poder entender mejor los trastornos psiquiátricos y descubrir nuevos biomarcadores y dianas.

*"En el último año se han aprobado varios fármacos, como la esketamina, que es un antidepresivo de acción rápida, así como compuestos para la depresión posparto"*, explica López Figueroa. Él y su equipo han observado que existe un nuevo enfoque para centrarse en síntomas específicos o necesidades médicas concretas. La investigación tiende a personalizar los tratamientos lo máximo posible. *"Lo que intentamos hacer es centrarnos en los subconjuntos, intentamos ir a lo específico. Respecto a la depresión psicótica, por ejemplo, ¿es ese trastorno psicótico diferente del que se ve en el Alzheimer o en el Parkinson, sobre los que realmente empezamos a ver que se desarrollan y se aprueban fármacos?"*, se pregunta López Figueroa.

El grupo de expertos que forman el Pritzker Consortium está aplicando dispositivos médicos no invasivos. *"Hablamos de la utilización de resonancias magnéticas funcionales para determinar qué núcleo cerebral es el que hay que intervenir; también de la utilización del EMT con algoritmos específicos que permiten no tratar al paciente varias horas al día durante una semana sino aplicar, durante un par de horas, un solo tratamiento. También hemos hablado de focalizar los ultrasonidos y dirigirnos directamente a las vesículas cerebrales que nos permiten liberar dichos fármacos, lo cual podría potencialmente reducir los efectos adversos en el paciente"*.

### 1.3.1

## Perspectivas de futuro

Los expertos están de acuerdo en que el **futuro de la salud mental es alentador**: aseguran que los progresos continuarán, sobre todo en la depresión, sus efectos y evolución. *"La depresión resistente al tratamiento será probablemente lo próximo en abordarse, ya hay algún planteamiento en fase clínica que quizá pueda ayudar"*, especifica López Figueroa. *"Habrá avances incluso en el diagnóstico"*. Y sus colegas están de acuerdo: vaticinan que se podrá llegar a prevenir algunos problemas mentales, incluso antes de que los pacientes tengan que pedir ayuda profesional.

## ■ El futuro de la salud mental es alentador

Aunque consideran que es un horizonte muy cercano, de aquí a diez años anticipan que se podrá tener un conocimiento más detallado de los distintos tipos de células, y mapas de conexiones cerebrales mucho más minuciosos que permitirán ampliar el conocimiento sobre los circuitos que se ven afectados por las distintas enfermedades mentales y neurodegenerativas.

Más concretamente, Alex Fornito apuesta por un **conocimiento más holístico del cerebro**. *"No veremos el cerebro aislado, sino que podremos entender cómo interactúa con el sistema inmune, por ejemplo, y podremos usar ese conocimiento para desarrollar más tratamientos de diferentes desórdenes"*. Los expertos están de acuerdo en que el desarrollo de pequeñas moléculas marcará la diferencia para el tratamiento de enfermedades neurodegenerativas y la neuropsiquiatría será fundamental para las enfermedades mentales. La tecnología también marcará un punto de inflexión, *"especialmente los wearables, que podrán ser útiles en enfermedades psiquiátricas como la ansiedad, la depresión; o neurológicas como la migraña o la epilepsia"*, explica Ng Wai Hoe.

### 1.3.2

#### Coste de las medicinas

Las enfermedades mentales, neurológicas y neurodegenerativas son uno de los objetivos principales en el estudio de la neurociencia. Los esfuerzos dedicados a la investigación, los ensayos clínicos, la regulación... tienen como meta final conseguir mejorar la salud de los pacientes y llegar a curar enfermedades cuyo remedio todavía parece muy lejano, como el Alzheimer. A pesar de los retos a los que se enfrenta, la neurociencia hace posible conocer mejor el cerebro humano y también las enfermedades que más le afectan. Como consecuencia, también somos capaces de perfeccionar los tratamientos. Aunque hay varias cuestiones que, según **Juan Carlos López**, neurocientífico con amplia experiencia en el ámbito del descubrimiento de fármacos, debemos tener en cuenta en lo que respecta a las medicinas y su coste.

En este sentido necesitamos conocer las siguientes consideraciones:

**1. Personalización de los tratamientos.** *"La biología nos dice que cada enfermedad es realmente una colección de enfermedades"*, ejemplifica López. Se refiere a que no hay un único tipo de diabetes, varía mucho dependiendo de la persona; sucede lo mismo con la esquizofrenia, si

observamos a 100 pacientes con esquizofrenia vemos que tienen síntomas diferentes. Por eso se hace necesario un tratamiento personalizado, el problema es que las medicinas son más económicas si se diseñan para aplicarlas en un grupo grande de gente. Cuando personalizamos los tratamientos, estos se encarecen. *"¿En qué momento deja de ser económico el desarrollo de una terapia para un grupo de pacientes muy limitado?"*, se pregunta **Juan Carlos López**. Hay casos de enfermedades raras que despiertan cierto interés, pero tener una enfermedad única aumenta el coste del tratamiento. *"Si el grupo de pacientes que va a consumir un medicamento es muy reducido, puede apostarse lo que quiera a que dicho medicamento será muy caro"*.



**2. La modalidad terapéutica.** Una de las decisiones que es necesario tomar durante el proceso de descubrimiento de fármacos es en qué se va a basar el tratamiento, lo que también influye en su precio. *"Si hablamos de desarrollar una pequeña molécula puede que sea barato. Pero si pensamos en desarrollar un anticuerpo, una terapia ARN, una edición de genomas, terapias génicas o basadas en células, entonces nos enfrentamos a muchas limitaciones, porque determinan claramente el coste de estas terapias"*, señala López.

**3. La regulación.** Esta cuestión está relacionada con la normativa, con cómo llevar estos productos al mercado. Una de las preguntas clave cuando se saca un fármaco es: ¿qué es lo que reivindicas que hace tu producto? ¿Dices que cura el Alzheimer o dices que hace que la gente se sienta un poco mejor, pero realmente no estás curándolo? *"El proceso regulatorio para sacar el producto al mercado es diferente en cada uno de esos casos. En el segundo caso puede que tengas acceso al mercado antes. Quizás también sea más barato, porque los costes de desarrollo son más bajos y son estos últimos los que definen el precio"*.

**4. Comparación entre nueva tecnología y la ya existente.** Otro problema que también es importante en relación

con el precio es lo buena que es la nueva tecnología en comparación con el nivel de cuidado ya existente. *"En algunos casos, ese nivel puede ser ya muy bueno"*, explica López. *"Si sacamos algo que es un poco mejor, pero mucho más caro, no va a funcionar"*. Es especialmente significativo en el contexto de la optimización cognitiva. Un ejemplo es la cafeína: podríamos decir que la cafeína mejora la cognición. Si inventáramos algo tan solo un poquito mejor, ¿por qué lo compraríamos? Tendría que ser un producto que supusiera una auténtica transformación para que lo consideráramos una alternativa mejor que lo que ya tenemos.

**5. La cuestión del acceso.** El coste determina quién tiene acceso a estas tecnologías. Si es muy caro, quizá solamente unas pocas personas se lo podrán permitir y, si es muy barato, estará disponible para todo el mundo. *"Esto tiene un impacto en la segmentación de la sociedad"*, explica López. Cuando algo es muy barato y todos tienen acceso se presenta otra cuestión: la coacción. ¿Te haría tu jefe utilizar ese nuevo producto para aumentar tu productividad? Si ves que todo el mundo es más productivo al utilizarlo, ¿te sentirás obligado a hacerlo tú también? *"Este tipo de coacción es algo sobre lo que merece la pena reflexionar, porque es bastante grave"*.



02

# Acercar la neurociencia

Como hemos visto, el estudio de la neurociencia aporta información profundamente valiosa para conocer más detalles sobre las enfermedades y su tratamiento. Los investigadores, científicos, médicos, tecnólogos y expertos en general en la materia pueden utilizarla en los estudios científicos y los laboratorios para seguir avanzando en el conocimiento en profundidad del cerebro.

Pero son también ellos mismos quienes llaman la atención sobre la importancia de acercar los conocimientos sobre neurociencia a los ciudadanos y su día a día. Defienden que sacar esta ciencia del laboratorio y acercarla a la sociedad puede aportar información nueva y valiosa sobre el funcionamiento del cerebro en un entorno más realista y encontrar nuevas formas de aplicación más útiles de esta ciencia.



## ■ Sacar esta ciencia del laboratorio y acercarla a la sociedad

### 2.1

#### Dispositivos

*"Hay tres cosas que me imagino que todos los que estamos vinculados al estudio y funcionamiento del cerebro queremos: entender el cerebro, intentar gestionar la salud mental y realizar tareas de prevención y averiguar cómo monitorizar, tratar y curar las patologías progresivas", asegura Ricardo Gil Da Costa. "Para lograrlo hay que salir del laboratorio; evidentemente en un laboratorio hay muchísima información y técnicas que son esenciales, pero tenemos que crear sistemas que la gente pueda utilizar en su día a día", añade Da Costa, que ha trabajado en el Instituto*

Nacional de Salud de Estados Unidos y en el Instituto Salk de Estudios Biológicos durante años.

En su día a día, Da Costa ha trabajado mucho con técnicas de imagen, más concretamente, con la electroencefalografía (EEG, por sus siglas en inglés). Según cuenta, uno de los problemas principales a los que todavía se enfrentan él y su equipo -y que les frustra bastante- es que muchas de estas técnicas no tienen soluciones que se pueden trasladar más allá del laboratorio. ¿Por qué sucede esto? Hay algunos requisitos que un dispositivo vinculado a la salud y usado en casa tiene que cumplir. *“No puede ser solo un sistema comercial: tiene que ser fiable, asequible y fácil de utilizar a gran escala, al tiempo que mantiene un nivel de fiabilidad que sea compatible con las técnicas investigadoras”*, enumera Da Costa.

Una vez fuera del laboratorio, si los investigadores quieren tener registros a gran escala, tienen que crear usos que la gente pueda darle al dispositivo y que vayan más allá de la intención de recopilar datos. Por ejemplo, es mucho menos atractivo utilizar un dispositivo solo para enviar datos a un laboratorio que utilizar uno que, además, te dice cuántas calorías has quemado y cuántos pasos has dado. Ese *feedback* que se da al usuario es lo que hace que esté motivado y utilice el dispositivo de forma genuina. *“Tenemos que empezar a pensar en formas en las que se puede integrar en nuestra vida diaria, tenemos que crear casos de uso entre las diferentes patologías y los comportamientos normales saludables para que la gente lo utilice porque le reporta algún tipo de beneficio, no solo para que aporte datos a los investigadores”*. Para poder hacer eso, Da Costa opina que tiene que ser fiable, pero también

personalizable. *“Debemos crear sistemas que puedan ajustarse y adaptarse a cada individuo para que éste los encuentre útiles”*, asegura.

El objetivo último de que los usuarios decidan utilizar estos dispositivos es poder incluir el rendimiento, la prevención y la detección, para la identificación temprana de enfermedades y la progresión de patologías y su tratamiento. Es decir, los dispositivos deben estar enfocados a dos aspectos del funcionamiento cerebral: la salud mental, en el sentido de patología médica y la aptitud mental y la prevención. Para cumplir con estos objetivos, Da Costa y su equipo han creado un sistema llamado **Brain Station** que se trata básicamente de un dispositivo capaz de hacer una electroencefalografía pero sin cables: se coloca en la parte frontal de la cabeza de los usuarios y así puede escanear la actividad cerebral.

Este dispositivo ya ha demostrado ser útil para pacientes con migrañas. En una colaboración con la Universidad de Lisboa, elaboraron un artículo en el que explican que los pacientes se llevaban a casa el sistema y creaban registros ellos mismos durante dos semanas. En resumen, demostraron que pueden predecir una migraña con unas 24 horas de antelación. También los pacientes con enfermedades mentales pueden verse beneficiados. Por ejemplo, aquellos que sufren trastornos de ansiedad generalizada: en colaboración con **Justin Feinstein**, neuropsicólogo del Laureate Brain Research Institute, están utilizando una técnica innovadora basada en el uso de tanques de flotación, (tanques de privación sensorial) durante las intervenciones con pacientes con ansiedad. *“Registramos el proceso entero y después exploramos diferentes maneras de neuroretroalimentación para realizar la comparación con lo que tienen en la cámara”*.

Más concretamente, enfocado a los pacientes con esquizofrenia, están colaborando con un equipo de la Universidad de California en San Diego para utilizar el aparato para observar los marcadores cerebrales que son diferentes en los pacientes con esquizofrenia en comparación con otras personas.



Pero la localización del aparato puede convertirse en uno de los retos a superar en esta investigación. Cuando se intentan abarcar distintos casos de uso de los dispositivos es necesario trackear distintos procesos mentales y eso requiere distintas localizaciones de la tecnología, esta es al menos la opinión de Javier Mínguez, cofundador de BitBrain. Da Costa reconoce que este es uno de los retos principales, sobre todo, si quieren poder monitorizar el cerebro entero con la mínima huella o intentando hacer el proceso lo más invisible posible. *"Aún así, con el dispositivo frontal que tenemos somos capaces de obtener bastante información de todo el cerebro"*, asegura.

## 2.2

### Implicaciones legales

Es fácil entender la necesidad de acercar los dispositivos al día a día de los ciudadanos, pero hay otros aspectos que no son tan obvios y que influyen en el desarrollo de las investigaciones y las innovaciones respecto a los *wearables*: las cuestiones de privacidad. Un reloj que monitoriza tus pulsaciones mientras corres puede ser muy útil para adaptar la actividad física a tus necesidades y aprender mejor cómo responde tu cuerpo. Pero esos datos médicos sobre tu funcionamiento físico son muy valiosos para multitud de empresas de publicidad e incluso relacionadas con la medicina que pueden hacer dinero con tu información.

Esta situación relativamente nueva plantea cuestiones que **Amanda Pustilnik** intenta responder. *"Hasta ahora, hemos tenido privacidad. Hemos podido determinar lo que queremos compartir y lo que no porque nuestros cerebros están envueltos en este maravilloso dispositivo protector que es el cráneo"*, explica Pustilnik que trabaja en el Center for Law, Brain and Behavior en el Mass General Hospital y en la Universidad de Maryland. Sin embargo, *"uno de los problemas que se dibujan ahora entre la legislación y los dispositivos cerebrales son las interfaces cerebro-computadoras"*.

Conforme se generalizan los dispositivos de monitorización del cerebro y las tecnologías de reconocimiento de emociones, se plantean cuestiones sobre cómo permitir el acceso de terceros a la información que generamos y si podemos impedirlo. Para concretar, Pustilnik pone el ejemplo de un individuo al que llamaremos Tipo. Imaginemos que Tipo es alguien con un trastorno bipolar. Utiliza dispositivos con interfaces cerebro-computadoras para jugar, monitorizar sus horas de sueño y meditar. Estos dispositivos recopilan información sobre él todo el tiempo, acerca de su estado y de sus cualidades. *"Me imagino que, si estos dispositivos se usan de manera positiva, pueden recopilar información que indique que Tipo va a sufrir un episodio maniaco. Esta información se podría usar para alertarle a él o las personas de su círculo a las que haya autorizado y que puedan adelantarse y ayudarle, o al menos intervenir a tiempo para mitigar los efectos del episodio"*, aventura Pustilnik. Quizá también comunicarse directamente con los profesionales sanitarios que le tratan.

Pero también se puede usar esta información de forma negativa. Si se le vende a un bróker de datos, por ejemplo, que después la pone a disposición de otras empresas como producto o servicio, puede que Tipo comience a ver anuncios para apostar en línea, comprar artículos de lujo caros o contratar productos financieros de alto riesgo: cosas a las que será mucho más propenso durante un episodio maniaco y que podrían, de hecho, precipitarlo o agravarlo. *"El hecho de que los datos estén disponibles para que los utilicen los brókers de datos, como en el caso de los datos de nuestras redes sociales, es un uso incorrecto previsible"*, explica Pustilnik.

Yendo un paso más allá, los datos recopilados de estos sistemas los podrían usar empleados para tomar decisiones sobre contrataciones y ascensos o de selección o los cuerpos de seguridad para predecir riesgos. En opinión de Pustilnik, esto abre la veda para un uso incorrecto y también para un mal uso. *"Por 'uso incorrecto', me refiero a coger los datos y utilizarlos de una forma no precisamente rigurosa, pero interesante como atajo para quien toma decisiones. Y por 'mal uso', me refiero al uso de información que podría ser legítima científicamente, pero que normalmente consideramos normativa y socialmente inaceptable y dañina para la consecución de los otros objetivos que valoramos"*

en la sociedad. Por tanto, las respuestas jurídicas convencionales pueden ser el derecho de privacidad, el consentimiento y el derecho antidiscriminatorio", asegura.

El problema es complejo y también lo son las soluciones. La privacidad es un poco problemática porque, para empezar, nadie está realmente seguro de lo que significa o lo que protege. *"También puede ser demasiado restrictiva. Si nuestra respuesta es "Este dato se encierra en un circuito cerrado y tiene que eliminarse cada noche", eso limita la oportunidad de que Tipo, por sí mismo, se pueda involucrar en este uso potencialmente productivo de los datos con su médico o por su salud y también limita el futuro desarrollo de otras tecnologías"*, opina Pustilnik.

Hasta ahora, una de las soluciones que se les ha ocurrido a quienes se encargan de regular esta situación es la obligación de que el sujeto del que se recogen datos dé su consentimiento. Los famosos Términos y Condiciones de Privacidad. Sin embargo, Pustilnik opina que *"el consentimiento no es un modelo jurídicamente adecuado, porque normalmente no sabemos a qué prestamos consentimiento"*. Y no solo porque nadie se lea las páginas y páginas de condiciones de privacidad antes de clicar en aceptar, sino porque nunca se sabe qué pasará con esos datos. *"Digo "Sí, consiento que este videojuego al que quiero jugar ahora monitorice los datos de mi cerebro", pero no tengo en cuenta que, dentro de cinco años, las fuerzas policiales pueden emitir una orden judicial para esos datos"*, explica Pustilnik.

Ante este panorama, ¿qué hacemos? *"Ahora mismo estamos en un momento en el que realmente no tenemos modelos jurídicos buenos para abordar este asunto"*, reconoce Pustilnik. Y propone tres niveles en los que considerar este asunto.

- A nivel individual: deberíamos ser conscientes de los usos positivos y negativos de los datos cerebrales y tomar las mejores decisiones que podamos como consumidores.
- Como tecnólogos, diseñadores e inversores en tecnología debemos acordar principios que promuevan la autonomía y se centren en la persona.
- A nivel jurídico y regulatorio, es necesario intentar determinar los tipos de paradigmas antidiscriminatorios que queremos para este tipo de datos, con el objetivo de no repetir mediante datos cerebrales las formas de discriminación y determinismo que hemos intentado prevenir en otros ámbitos.

Dada la velocidad del desarrollo de estos dispositivos, los organismos regulatorios han tenido que comenzar a trabajar ya en regulaciones que pongan en orden la

situación actual. **Roland Pochet**, secretario general del Belgian Brain Council, conoce de buena mano la situación de la Unión Europea en cuanto a regulación y formulación de políticas. Pochet asegura que, según los expertos con los que ha tenido contacto, una de las claves para poder empezar a formular políticas es la confianza. *"La Dirección General de Salud de la Unión Europea la considera un problema principal: si no existe confianza entre las empresas, si no existe confianza entre el mundo académico y la industria, las cosas no van a funcionar bien en absoluto. Resolver la falta de confianza es clave"*, explica Pochet.

Sin embargo, este experto también destaca la importancia de la cultura en la que se legisla. *"Europa está fragmentada en culturas con normas, controles y estrategias todo el tiempo. Una Unión Europea más segura dependerá mucho más de un cambio cultural significativo que de un nuevo régimen normativo"*, asegura Pochet.

A pesar de esta afirmación, en los últimos años Europa ha estado desarrollando un Reglamento General de Protección de Datos que entró en vigor el 25 de mayo de 2018. Esta nueva instrucción promete cambiar radicalmente la forma en la que las empresas tratan nuestra información y se convirtió en la legislación más severa respecto a la protección de datos. Su objetivo es proteger la privacidad de los ciudadanos y darles más poder de decisión.



## ■ El objetivo de la legislación es proteger la privacidad de los ciudadanos y darles más poder de decisión

Esta regla regula el uso que las empresas dan a los datos que recogen de los usuarios. Por ejemplo, permite que podamos solicitar y lograr que nuestros datos personales sean eliminados en casos de que ya no sean necesarios para la finalidad con la que fueron recogidos o si fueron tomados de forma ilícita, es decir, sin el consentimiento del usuario. Pero parece que este consentimiento no es suficiente. *“El consentimiento del individuo como llave para el tratamiento de sus datos está perdiendo relevancia ante la evidencia de que no entendemos aquello que aceptamos o ni nos molestamos en leerlo”, explica Raúl Rubio, director del programa de protección de datos de IE Law School.* La mayoría de las ocasiones, los términos y políticas de privacidad de los dispositivos son demasiado difíciles de entender o se explican de manera enrevesada.

Rubio aporta un dato interesante: *“La preocupación del legislador porque no se usen de forma abusiva nuestros datos podría dar paso a que seamos nosotros mismos, y no solo las empresas, los que nos lucremos con nuestra privacidad, o más bien, con la falta de ella”.* La ingente cantidad de información que recogen hoy en día empresas y gobiernos trae consigo importantes retos en lo que respecta a la privacidad y seguridad de los ciudadanos. *“La gente debería tener el control sobre sus datos y saber lo que se hace con ellos y ahora es el momento de hacerlo posible”, asegura Alex Pentland, director del MIT Connection Science and Human Dynamics Lab.* *“Para ello, tenemos que expresar nuestros derechos como usuarios para evitar que se haga un mal uso de la información que se maneja sobre nosotros”.*

Uno de los retos a los que se debe enfrentar esta legislación es la regionalidad. El Reglamento General de Protección de Datos (RGPD) representa una primera aproximación positiva, pero, al tratarse de una normativa exclusivamente europea, no es suficiente para afrontar un reto que trasciende fronteras.

### 2.3

## Aplicaciones en la sociedad

### 2.3.1

#### Neurociencia en las aulas

El estudio del cerebro genera una gran cantidad de datos que pueden aprovecharse para su aplicación en distintos sectores de la sociedad. Uno de ellos es el de la educación: *“El principal propósito de la neuroeducación es cerrar la brecha entre la neurociencia y la educación”,* así lo explica **David Bueno**, director de la cátedra de neuroeducación en la Universidad de Barcelona. Según su opinión, el objetivo es *“traer todos los datos que tenemos sobre el cerebro humano, entender la manera en la que el cerebro adquiere nuevos conocimientos y utilizarlos para optimizar y mejorar las capacidades de los niños”.*

Así, entender cómo el cerebro analiza y saca conclusiones sobre el mundo puede resultar profundamente útil para optimizar los procesos de aprendizaje en las aulas. Una de las principales funciones del cerebro humano es aprender del entorno para adaptarse a los cambios. ¿Cómo hacen esto los niños? *“Se ha observado que en la etapa preverbal, antes de empezar a hablar, utilizan ciertos sistemas de razonamiento filosófico para anticipar lo que va a ocurrir”,* explica Bueno. *“Utilizan, por ejemplo, un paradigma filosófico que se denomina “silogismo disyuntivo”. También usan el método científico para analizar el entorno”.* Entender todo esto, saber cómo los

niños están utilizando su cerebro incluso en las fases de desarrollo en las que aún no han empezado a hablar, puede ayudar a los profesores a optimizar su labor y el aprendizaje de los pequeños.



Otra información que los profesionales de la educación deberían tener en cuenta es el de las funciones de cada parte del órgano. El cerebro se desarrolla y madura desde la fase embrionológica y a lo largo de toda la vida. Si entendemos qué áreas y regiones del cerebro maduran en cada etapa, podemos aprovecharlo para que los estudiantes se beneficien de la mejor enseñanza posible. *“Y eso incluye la corteza, por ejemplo, en la que se basan la mayoría de los procesos de razonamiento; y también el sistema límbico, que alberga el hipocampo para la memoria y las amígdalas para las emociones”,* explica Bueno.

El sistema límbico es importante porque se ha demostrado en varias ocasiones que las emociones son cruciales para aprender: hacen el aprendizaje mucho más eficiente. *“El cerebro necesita emocionarse para aprender”,* explica José Ramón Gamo, neuropsicólogo infantil y director del Máster en Neurodidáctica de la Universidad Rey Juan Carlos, según [recoge el diario El País](#). Basándose en diferentes investigaciones científicas y en las suyas propias, Gamo y su equipo concluyeron que para la adquisición de información novedosa el cerebro tiende a procesar los datos desde el hemisferio derecho -más relacionado con la intuición, la creatividad y las imágenes-. *“En esos casos el procesamiento lingüístico no es el protagonista, lo que quiere decir que la charla no funciona. Los gestos faciales, corporales y el contexto desempeñan un papel muy importante”,* añade Gamo.

Pero la información que podemos obtener del estudio del cerebro también es importante para las cuestiones éticas. *“Como es natural, todos los estudiantes son genéticamente diferentes: algunos están más capacitados o son más propensos a ser creativos, empáticos, a tener memoria a corto plazo... todo proceso mental se refleja en nuestros genes”,* explica Bueno. Si tenemos en cuenta que hay diferencias, observamos que el mismo sistema de enseñanza no es igual de útil para todos los alumnos.

*“La pregunta es: ¿cuál debería ser el principal propósito de la enseñanza? ¿Cuáles son los límites éticos al fomentar las capacidades cognitivas? ¿Cuáles son los límites a la hora de monitorizar la función cerebral durante la enseñanza? En algunas escuelas se está empezando a monitorizar la actividad cerebral de los alumnos durante el proceso de aprendizaje. ¿Qué capacidades deberían mejorarse desde una perspectiva médica, educativa y humanística? ¿Cuáles deberían ser los límites establecidos de lo normal y lo atípico?”,* son algunas preguntas aún sin resolver.

*“El principal objetivo que defendemos en mi cátedra es ayudar a la gente a crecer con dignidad”,* resume Bueno. ¿Qué quiere decir “con dignidad”? Se refiere a los problemas sociales, al respeto por las diferencias, a darle a todo el mundo las mejores oportunidades posibles para aprender y conocerse a sí mismos. *“Estos son algunos de los principios que respaldan esta idea de la dignidad: entender el origen de las diferencias biológicas y la manera en la que el cerebro aprende; ofrecerle a todos las mejores oportunidades para desarrollarse cognitivamente, tanto como sea posible; y mejorar estas capacidades cognitivas de manera ética, entendiendo que la ética depende de cada sociedad”.*

El cerebro es flexible y realiza conexiones constantemente, por lo que cada nivel de capacidad se puede mejorar utilizando dicha flexibilidad para crear nuevas conexiones adaptadas a las capacidades genéticas y a la fase de desarrollo en la que se encuentre el niño. Estas estrategias influyen en las conexiones del cerebro, y eso significa que influyen en la vida mental que dicha persona tendrá en el futuro. Es importante, por lo tanto, definir el propósito de la enseñanza, tal y como propone Bueno.

- **Habrá que diseñar estrategias pedagógicas de acuerdo con las nuevas características del cerebro**

¿Cuáles son los retos principales a los que se enfrenta esta aproximación? Uno de los principales problemas es traducir toda la información neurocientífica a los sistemas educativos y pedagógicos. *"Primero, porque la mayoría de la gente implicada en la pedagogía no tiene ni idea sobre el cerebro"*, explica Bueno. *"Creo que es muy importante diseñar nuevas estrategias pedagógicas, los pedagogos deberían aprender sobre neurociencia, igual que los profesores; y debería estar presente en las facultades"*. Bueno considera que los profesionales de la educación deberían saber cómo funciona el cerebro de los estudiantes porque trabajan con él. *"Deberían saber cosas básicas como las funciones ejecutivas, las emociones, la memoria, los procesos de maduración... para que puedan adaptar el sistema pedagógico a cada condición particular"*.

### 2.3.2

## Neurociencia en el trabajo

En las últimas décadas, ha habido una incesante investigación en neurociencia que revela ideas fundamentales sobre funciones cerebrales como la memoria, el pensamiento y las emociones que tienen aplicaciones en el lugar de trabajo. Aplicar los conocimientos que tenemos sobre estas funciones al día a día en el trabajo puede ayudar a gestionar situaciones estresantes y evitar que los trabajadores lleguen a desarrollar el síndrome del trabajador quemado (burnout), que ya figura en la Clasificación Internacional de Enfermedades (CIE-11) de la Organización Mundial de la Salud (OMS). El síndrome de desgaste emocional, como se cita en la nueva clasificación, está asociado al estrés crónico en el trabajo, se caracteriza por una despersonalización de las tareas, un desgaste emocional y físico y bajo rendimiento. Los expertos estiman que el burnout afecta al 10% de los trabajadores y, en sus formas más graves, a entre el 2% y el 5%.

Hay distintas causas que pueden llevar a un trabajador a desarrollar este síndrome, entre ellas, las cuestiones relacionadas con las emociones. Distintas investigaciones en neurociencia han demostrado que los estados de ánimo se contagian cuando compartimos espacio y experiencias durante mucho tiempo. Según el Colegio Oficial de la Psicología, el estrés se contagia: las personas que trabajan atadas a esta dolencia tienden a localizarse dentro de los mismos grupos. Una investigación llevada a cabo en colaboración por varias universidades alemanas descubrió que el 26% de las personas muestran niveles altos de cortisol con solo observar a alguien tenso.

**Daniel Goleman**, psicólogo, antropólogo, periodista y una eminencia de la inteligencia emocional, disecciona cómo

este contagio sucede entre altos mandos y sus empleados y cómo puede condicionar el desempeño de la empresa. Durante su última investigación, Goleman encontró que, de todos los elementos que afectan el rendimiento final, la importancia del estado de ánimo del líder y sus comportamientos son muy influyentes.

El responsable de esta relación entre la emoción de los líderes y el comportamiento de sus empleados es el **sistema límbico**: una estructura cerebral considerada el centro de gestión emocional de los humanos. Se trata de un circuito abierto que depende de fuentes externas para administrarse. Es decir, lo que pasa en el mundo que nos rodea condiciona la actividad de nuestro sistema límbico: dependemos de las conexiones con otras personas para determinar nuestro estado de ánimo. **La investigación en neurobiología** afirma que una persona transmite señales que pueden alterar los niveles hormonales, las funciones cardiovasculares, los ritmos de sueño e incluso las funciones inmunes del cuerpo de otra persona. Todo este contagio emocional puede suceder inconscientemente, a menos que se desarrollen las herramientas necesarias para gestionar las relaciones laborales y el trabajo en equipo y poder mitigar las respuestas. Y esto es algo que nos puede ayudar a hacer la neurociencia.



## ■ La Neurociencia puede ayudarnos a gestionar las relaciones laborales y el trabajo en equipo

Estas investigaciones también son relevantes porque el pensamiento predominante en muchos negocios todavía se inclina hacia la máxima de que las emociones no

forman parte de los negocios, a pesar del hecho de que la emoción es tan importante para el funcionamiento humano como cualquiera de los llamados procesos racionales. Un estudio reciente proporcionó información esclarecedora sobre los costos de la supresión emocional, que sigue siendo la norma en la mayoría de las situaciones laborales. Cuando reprimimos cualquier emoción, los recursos que intervienen en la supresión de esa emoción provienen de la misma área de nuestro cerebro que se utiliza para la resolución de problemas y el pensamiento analítico, lo que puede afectar a la productividad. Las implicaciones de estos hallazgos en el lugar de trabajo son asombrosas. Cuando estamos ocupados conteniendo nuestras emociones (en algunos casos llamamos a esto ser "profesional") no solo estamos negando nuestra experiencia psicológica, sino que estamos perjudicando nuestras funciones cognitivas.

El conocimiento sobre neurociencia también puede ayudar a la resolución de problemas y el trabajo en equipo. Muchas investigaciones llaman la atención sobre que la diversidad cognitiva ha demostrado ser crucial en la eficiencia de los equipos. Se trata de la forma de pensar de los trabajadores, la perspectiva que adoptamos ante un problema y la forma en que procesamos la información y razonamos. [El estudio más reciente se ha llevado a cabo durante los últimos 12 años](#) y concluye que, cuando un equipo está formado por personas que piensan de forma divergente, resuelve los problemas más rápido. Los esquemas mentales se establecen en la niñez y, aunque están relacionados, son independientes de la educación, la cultura y el estatus social. La falta de diversidad reduce la capacidad de ver las cosas de forma diferente, interactuar de distintas maneras o crear opciones nuevas, lo que puede perjudicar a la innovación. Para superar estos desafíos, las empresas deben asegurarse de que sus procesos de selección identifiquen las diferencias cognitivas a la hora de reclutar a sus empleados.

**Otro de los procesos mentales que es protagonista en el trabajo es la atención.** La atención plena ha demostrado ser muy útil para mejorar la concentración y la eficiencia del trabajo. [Un equipo de investigadores de la Universidad de California](#) describe la atención plena como una técnica en la que alguien presta atención a sus pensamientos, emociones presentes y sensaciones corporales. El resultado es que la amígdala está menos activada y las emociones son menos intensas. Otros estudios muestran que ofrece beneficios significativos en respuesta al estrés y la ansiedad.

Lo que se está descubriendo sobre el cerebro y su efecto en nuestro bienestar y rendimiento laboral resulta muy prometedor. Pero, según los expertos, aún falta voluntad por parte de las empresas para hacerse eco de toda esta información e incluirla en su organización y dinámicas de trabajo.



### 2.3.3

## Neurociencia en las áreas de negocio de las empresas

Otro campo también relacionado con el ámbito laboral es la aplicación de los conocimientos de neurociencia a los distintos departamentos de negocio de una empresa, como en el caso del neuromarketing o la economía de la conducta; e incluso la llegada de disciplinas nuevas como la neuroarquitectura. En todas ellas, los hallazgos de esta disciplina condicionan el desarrollo de negocio de las compañías y las ayuda a acercarse a las necesidades de los clientes.

### Neuromarketing

Se trata de la neurociencia aplicada al estudio y análisis del comportamiento de los consumidores. Esta aplicación ha trascendido el ámbito académico para irrumpir en el empresarial y dirigirse al público en general. Si ampliamos un poco más la definición, podríamos decir que usa los conocimientos en neurociencia para analizar, entender y predecir la conducta de las personas respecto al mercado.

- **El neuromarketing es la neurociencia aplicada al estudio y análisis del comportamiento de los consumidores**

El objetivo es tratar de comprender cómo el cerebro se activa ante los estímulos generados por las técnicas del marketing y de este modo poder **identificar patrones de actividad cerebral que muestren más información de la que los consumidores muestran con su comportamiento**. Según los estudios sobre neuromarketing, las decisiones de compra de los consumidores responden menos de lo que pudiera parecer a motivaciones como el precio o el producto y más a las emociones que, en gran medida, empujan a comprar finalmente.

Según explica la revisión *Neurociencia y neuromarketing. Estado de la cuestión de las relaciones entre neurociencias, marketing y economía*, junto a la neurociencia, otras disciplinas como la economía, la estadística, las matemáticas, la psicología y la antropología colaboran para conocer el comportamiento del consumidor. **Roberto Álvarez del Blanco**, experto en neuromarketing, ya explicaba en 2011 que, si se quiere que el marketing resulte efectivo, ha de responder a las necesidades, aspiraciones, frustraciones, impulsos y emociones profundas de un consumidor que suele tomar decisiones de forma irracional, inconsciente e impulsiva.

Señala también que, a partir del estudio del funcionamiento del cerebro, el neuromarketing aporta un mejor conocimiento de los estímulos que condicionan las decisiones en el mercado. El objetivo básico del Neuromarketing, de acuerdo con **Braidot** (2005) consiste en analizar los correlatos neuronales de los procesos de compra, la familiaridad de la marca o la preferencia por un producto, por ejemplo, para de esta manera poder entender con claridad, nítidamente, el «cómo» y el «por qué» de las decisiones del consumidor y, lo más relevante, conocerlo de manera anticipada y fiable.

Más concretamente, la neurociencia permite conocer cómo el sistema nervioso traduce la mayor parte de los estímulos a los cuales está expuesto y predecir la conducta del consumidor frente a dichos estímulos con el fin de identificar el mejor formato y los medios más eficientes para que el mensaje sea recordado más fácilmente por el potencial consumidor.

Cada vez son más las empresas que requieren del neuromarketing para encontrar las claves que les expliquen los comportamientos de sus consumidores para lograr una mayor eficiencia en la relación con ellos.

## Neuroeconomía

Relacionada con el punto anterior, se encuentra también la neuroeconomía. Últimamente, la neurociencia también se ha aplicado al estudio de las bases neuroanatómicas y neurofisiológicas del comportamiento económico. La idea es utilizar los conocimientos del funcionamiento

cerebral para entender mejor las decisiones financieras y económicas que toman los consumidores. Para ello, economistas profesionales estudian el comportamiento del cerebro de los consumidores para conocer cómo han reaccionado ante diferentes estímulos o acciones, utilizando tecnologías de imagen como resonancias magnéticas. Así, la neuroeconomía estudia la actividad cerebral durante la toma de decisiones relacionadas con la economía.

## ■ La neuroeconomía utiliza los conocimientos del funcionamiento cerebral para entender mejor las decisiones financieras y económicas que toman los consumidores

Cuestiones como por qué escogemos una determinada opción de entre dos iguales o por qué nuestro comportamiento económico difiere a pesar de existir modelos racionales que pueden predecirlo son algunos de los interrogantes que conducen a la neuroeconomía. Uno de los puntos álgidos de esta variante de la neurociencia llegó de la mano de **Daniel Kahneman**, psicólogo y autor de varios superventas que ganó el premio Nobel de Economía en 2002. Kahneman sostiene que nuestras decisiones respecto a la economía son menos racionales de lo que creemos y no siempre elegimos la opción más lógica.

Hay diferentes mecanismos que influyen en estas decisiones, como el sistema de recompensa que se activa cuando algo nos genera placer o el sistema de aversión cuando queremos evitar una consecuencia negativa. Por otro lado, los efectos de hormonas como la cortisona, la testosterona o la oxitocina regulan el equilibrio entre las decisiones arriesgadas, las codiciosas o las prosociales. Saber cómo funcionan estos sistemas, qué los activa y cómo influyen en la conducta es básico para entender el comportamiento de los ciudadanos respecto a la economía.



**Según la investigación realizada hasta el momento**, lo que impulsa a ambos motores es casi siempre la emoción. Decenas de estudios muestran que cuando las áreas cerebrales que conectan el sistema límbico (responsable de estimular emociones básicas) con el córtex prefrontal (que se encarga de la planificación) presentan daños, los individuos tienen más dificultades para tomar decisiones óptimas o coherentes. Es decir, toman decisiones que desafían el concepto de racionalidad económica, que consiste en elegir entre diferentes alternativas teniendo en cuenta datos objetivos como el valor y el coste. Saber cuáles son las funcionalidades neuronales y el papel que desempeñan los distintos sistemas del cerebro en estas decisiones puede ser determinante para explicar las transacciones económicas arriesgadas e incluso la creación de burbujas. Para poder entender estos procesos, hay que tener en cuenta que las expectativas y las emociones como el miedo y la codicia influyen en las predicciones económicas. Si se quiere hacer una predicción, es necesario tener toda esta información que aporta la neurociencia.

## Neuroarquitectura

Esta variante de la arquitectura tradicional emplea registros neurofisiológicos, como electrocardiogramas y electroencefalogramas, para medir cómo reacciona el cerebro en tiempo real ante diferentes estímulos relacionados con la arquitectura. Esto significa que las distintas construcciones se basan en las emociones de quien las habitan o habitarán y en el efecto que se busca conseguir con el edificio.

- **La neuroarquitectura diseña en relación a cómo reacciona el cerebro en los edificios**

*“Explicar la parte científica a un cliente resulta complicado. Hablarles de sensores en la piel para medir la sudoración o encefalogramas no es muy habitual. Buscamos dar objetividad con las emociones que les provoca un material. Ir más allá de sus gustos personales”,* razona **Antonio Ruiz**, especialista en neuroarquitectura en ARK Arquitectos.

**Todavía nadie ha escrito un decálogo sobre la neuroarquitectura.** Sin embargo, gracias a toda la investigación previa, los neuroarquitectos han detectado ciertos patrones comunes de comportamiento ante determinados estímulos. Por ejemplo, saber que el equilibrio térmico resulta indispensable para mantener el bienestar o que los cambios bruscos generan hostilidad en las personas es básico para diseñar hogares que se adecuen a las necesidades de sus inquilinos.

Igualmente, la iluminación natural y la presencia de plantas influye en la melatonina y en la calidad del sueño. Las fragancias naturales, como de cítricos, reducen el estrés. Con los colores azulados y marinos sucede algo parecido. Incluso el uso de curvas ayuda a relajarse mucho más que los espacios angulosos.

La puesta en práctica de la neuroarquitectura genera una cantidad ingente de datos. Tanto el *big data* como el *machine learning* se han convertido en dos herramientas cruciales. Aparte de ayudar a identificar emociones entre líneas y números, sirve para facilitar la interpretación de los resultados. Las señales que registradas pueden ser complejas de interpretar por parte de los arquitectos, con estas nuevas tecnologías, hacen inteligible las métricas que emplean habitualmente.

La neurociencia se convierte entonces un pilar más en el que se apoya la arquitectura. La tendencia de tener en cuenta esta información para aplicarla a distintas disciplinas va en aumento. En España cada vez hay más empresas que se basan en ella para desarrollar su negocio. En Estados Unidos, incluso las universidades incluyen la neuroarquitectura en su curriculum académico.

### 2.3.4

## El día a día en enfermedades mentales

Ya hemos visto algunos aspectos en los que la neurociencia puede cambiar la sociedad con lo que sabemos hasta ahora sobre el cerebro y su funcionamiento. Teniendo en cuenta los avances que siguen produciéndose, un ejercicio interesante es plantearse cómo este conocimiento puede cambiar la vida de personas con distintas necesidades a medio plazo. Los expertos reunidos en el Future Trends Forum aventuran cómo podría cambiar un día en la vida de un paciente con esquizofrenia, Alzheimer o síndrome de Down.

## ■ ¿Cómo puede el nuevo conocimiento cambiar la vida de las personas con distintas necesidades a medio plazo?

**Intervención temprana para pacientes con esquizofrenia.** A día de hoy, la calidad de vida de los pacientes con esquizofrenia depende mucho del tipo de trastorno que tengan: algunos son incapacitantes y otros permiten hacer una vida normal. En los casos más graves, su día a día puede ser difícil, especialmente, en lo que se refiere a su integración en la sociedad. Los síntomas pueden dificultarles trabajar o mantener relaciones personales. Además, la medicación disponible actualmente puede tener efectos secundarios perjudiciales, según señala **Charles Bolden**, exadministrador de la NASA.

Con este punto de partida y teniendo en cuenta los avances que se están produciendo en el campo de la neurociencia y la evolución de las tecnologías, los expertos anticipan que el día a día de un paciente con esquizofrenia puede cambiar sustancialmente. Gracias a la mejora de intervenciones biológicas, las personas con esquizofrenia *"tendrán más facilidades para salir y relacionarse con los demás. Estarán mejor integradas en la sociedad"*. Además, sus cuidadores podrán tener más herramientas disponibles relacionadas con la tecnología para ayudarles y, según anticipan los expertos, los medicamentos de mejora cognitiva podrían ayudarles a concentrarse mejor.

## ■ Se podrá saber más concretamente la forma en que la enfermedad afecta a cada persona

Uno de los puntos que más podría marcar la diferencia es el hecho de que existan tratamientos personalizados, no porque se pueda encontrar una cura como tal, sino porque se podrá saber más concretamente la forma en que la enfermedad afecta a cada persona. El avance en el conocimiento y las técnicas ayudarán a poder diagnosticar la enfermedad antes y las herramientas para manejarla serán más útiles. Un diagnóstico precoz facilita una intervención temprana.

**Más integración para alguien con síndrome de Down.** A día de hoy, algunas de las personas con síndrome de Down siguen teniendo problemas para encontrar trabajo o integrarse en algunos grupos sociales, a pesar de que hay cientos de historias que demuestran que son perfectamente capaces de tener una vida normal. Según la opinión de los expertos, las neurotecnologías podrán ayudar especialmente a aquellas personas cuyas capacidades se ven más afectadas por el síndrome.

Estos avances serán clave para ayudarles a mejorar su cognición, mantener la atención y resolver problemas, lo que tiene un reflejo directo en su calidad de vida porque podrá ayudarles también a ser más independientes y a integrarse mejor en su entorno social, así como contribuir a la sociedad de una forma más amplia. Al aplicar los avances en neurociencia, los expertos anticipan que las personas con síndrome de Down ya no tendrán que preocuparse de ser discriminadas en el trabajo y que los demás reconocerán la perspectiva y las cualidades únicas que pueden aportar en los proyectos y su empleo.

**Nuevos tratamientos para pacientes con Alzheimer.** Hoy, la enfermedad de Alzheimer, es la forma más común de demencia, acapara entre un 60% y un 70% de los casos. Además, la demencia es una de las principales causas de discapacidad y dependencia entre las personas mayores en el mundo entero, según refleja la Organización Mundial de la Salud (OMS). Y, puesto que no es una consecuencia inevitable del envejecimiento, la investigación científica sigue intentando descubrir cómo puede tratarse.

Los expertos aventuran que, durante los próximos años, se podrá hacer una evaluación mejor y un diagnóstico más temprano de la enfermedad, lo que permitirá tomar medidas preventivas. Adicionalmente que el uso de *wearables* y tecnologías como el *machine learning* mejorarán el manejo de la enfermedad y sus síntomas. También depositan sus esperanzas en la inmunoterapia, los avances en neuroimagen y el descubrimiento de nuevos biomarcadores.

Pero los avances en la sociedad no se producirán solo para tratar enfermedades o mejorar la calidad de vida de quienes las sufren. También se verán en la mejora de la cognición de personas sanas o en el desempeño de su trabajo. Como, por ejemplo, en el caso de los doctores que trabajan en salas de urgencias. En esta situación, muy estresante y, en ocasiones, con mucho volumen de trabajo, los expertos anticipan que se podrían utilizar robots dotados de Inteligencia Artificial para hacer una primera evaluación del paciente y catalogar su urgencia.

O software que pueda detectar irregularidades en los escáneres. A día de hoy, ya se están haciendo avances en ese sentido. La última demostración está en un algoritmo desarrollado por científicos de la Universidad de California que ha conseguido mejores resultados que dos de cada cuatro radiólogos expertos en encontrar pequeñas hemorragias cerebrales en los escáneres. Se trata de un avance que puede ayudar a los médicos a tratar a pacientes con lesiones cerebrales traumáticas, accidentes cerebrovasculares y aneurismas, [según publica la revista científica PNAS](#).

Más centrados en la salud y el desempeño del doctor, también proponen *wearables* que monitoreen el bienestar del médico y puedan decir si necesita dormir, si su atención está disminuyendo o si su nivel de azúcar baja por debajo de lo deseado.



03

# Tecnologías punteras

La digitalización en la que vivimos inmersos ha cambiado la manera en que nos relacionamos con el mundo en todos los sentidos. Nuestra forma de comunicarnos, de trabajar, de movernos por nuestro entorno o de conocer a personas nuevas, se ha transformado con la llegada de nuevas tecnologías y el desarrollo exponencial de otras que ya existían y que han crecido gracias a la evolución de internet.

El área de la salud se ha visto especialmente influida por tecnologías como la Inteligencia Artificial, el *big data*, la realidad virtual o las nuevas técnicas de neuroimagen. Con ellas, la observación del cerebro es más minuciosa que nunca, podemos ser humanos mejorados gracias a las interfaces cerebro-máquina e incluso crear máquinas con sentimientos gracias a la Inteligencia Artificial. El desarrollo de la computación, el *big data*, la llegada de la realidad virtual, la nanotecnología y las máquinas de secuenciación genética, entre otras tecnologías, están redefiniendo esta ciencia. Ahora, además de entender el funcionamiento del cerebro humano, también es importante tener en cuenta lo que aprendemos de las máquinas y de su capacidad para analizar información y predecir, por ejemplo, patrones de conexión entre neuronas.

Y parece que este es solo el principio. *"Vamos a tener unos sistemas de evaluación e intervención muy fuertes gracias a las tecnologías emergentes"*, explica **Walter Greenleaf**, nuestro experto en realidad virtual y aumentada que trabaja en el Virtual Human Interaction Lab de Stanford.

- **La neurociencia está influida por las nuevas tecnologías como IA, Big data o realidad virtual**

*"Van a tener un papel bastante importante en nuestra vida en el futuro, primero cambiarán las plataformas de*

*comunicación, luego de entretenimiento, después sobre cómo trabajamos, cómo interactuamos con la tecnología... Esto derivará en aplicaciones tanto al nivel clínico como de investigación".* Los expertos del Future Trends Forum hacen referencia al progreso de las herramientas para estudiar y analizar los datos neurocientíficos: el aprendizaje automático, los nuevos enfoques computacionales, los análisis de redes mencionados por **Alex Fornito** o el modelado y la predicción de todas las sinapsis del cerebro que explica **Sean Hill**, otros expertos hablan del análisis de las señales a través de un EEG con parches en la frente o mediante sensores corporales, polvo neuronal y otras clases de interfaces cerebro-computadoras.

Aunque pueden tratarse de forma separada, todas estas disciplinas están relacionadas y su estudio se entremezcla. Los *wearables* son útiles porque están conectados y recopilan información, la analizan y sacan conclusiones gracias a la Inteligencia Artificial, que también está presente en las interfaces cerebro-máquina. Cada una de estas tecnologías tiene un gran potencial para detectar y tratar enfermedades o mejorar las habilidades de personas sanas.

### 3.1

## Inteligencia Artificial

No sólo se utilizan ordenadores para entender los datos cerebrales y el cerebro, sino que se usa este último como inspiración para desarrollar la Inteligencia Artificial. Uno de los usos más mencionados de esta tecnología es su capacidad para ayudar a los expertos a personalizar los tratamientos. **Ricardo Gil Da Costa**, neurofisiólogo cognitivo que ha trabajado en el Instituto Nacional de Salud de Estados Unidos y en el Instituto Salk de Estudios Biológicos durante años, asegura que *"conforme más datos recopilemos, más podremos personalizar los tratamientos de los pacientes"*. Aplicar la IA sobre esta

información permite encontrar patrones y relaciones entre los datos que un humano a simple vista no percibe. Da Costa pone como ejemplo un caso práctico, en una migraña él y su equipo han sido capaces de saber cuándo la inflamación neurovascular estaba subiendo entre 6 y 72 horas antes de que se manifestaran los primeros síntomas, lo que hace que se pueda actuar antes y se reduzca la duración y severidad de las crisis. *"Esto nos hace plantearnos que sería muy útil desarrollar un dispositivo no invasivo que los pacientes puedan utilizar en casa durante un rato cada día para analizar la información de su organismo y personalizarlo y que pueda decirle cuándo se avecina una crisis en su caso concreto"*, explica Da Costa.

Esto ya es posible gracias al internet de las cosas, pero añadiendo Inteligencia Artificial a la ecuación, el dispositivo puede aprender de cada paciente en concreto. Usando el mismo ejemplo, *"si se pudiera utilizar el dispositivo para recopilar también información sobre el sueño, que afecta a casi todos los desórdenes neurológicos y psiquiátricos, si pudiéramos unir estos datos a los anteriores y correlacionarlos, podríamos ir un paso más allá"*, en opinión de Da Costa.

## ■ Gracias al análisis de datos por parte de IA se podrá aprender de cada paciente en concreto

**Ng Wai Hoe**, director médico del Instituto Nacional de Neurociencia de Singapur, también está trabajando con un grupo de investigación que utiliza la Inteligencia Artificial y el aprendizaje automático, pero, en esta ocasión, aplicado a la lectura de los resultados de resonancias magnéticas. Equipos de investigación de todo el mundo han desarrollado algoritmos que son capaces de analizar miles de resonancias y aprender a detectar alteraciones para avisar a los médicos de dónde tienen que mirar.



Precisamente este es uno de los usos que promueve **Ng Wai Hoe**. ¿Cómo puede la IA liberarnos del trabajo rutinario y mundano y dejar que hagamos las tareas más complejas y sofisticadas? Hay muchos proyectos que investigan cómo la Inteligencia Artificial se puede utilizar para interpretar escáneres en los casos de traumatismo cerebral e imágenes de tumores cerebrales. *"En los casos de lesión cerebral traumática, el objetivo es permitir que el paradigma de la IA haga un triaje rápido del escáner, lo marque para el radiólogo y diga "oye, tienes que mirar este escáner inmediatamente", explica Ng Wai Hoe. "De hecho, ya lo hemos iniciado en nuestras urgencias para ver cómo la integración de este software con las técnicas de imagen tiene como resultado un triaje más rápido de los pacientes y una intervención más inmediata".*

Aunque parece una aplicación útil, también suscita debate. El temor de que las máquinas nos sustituyan en nuestros puestos de trabajo levanta ampollas desde hace años y la falta de confianza en su funcionamiento no convence a los más escépticos. *"Una confusión bastante común sobre la Inteligencia Artificial y su trabajo para la interpretación de resonancias magnéticas y las técnicas de neuroimagen es que a menudo pensamos en este concepto como si fueran humanos contra máquinas", señala Ng Wai Hoe. "Lo más acertado sería planteárselo como humanos y máquinas contra máquinas por sí solas". Es decir, colaborar con las máquinas para aprovecharse de los beneficios que ofrecen.*

### 3.2

## Interfaces cerebro-máquina

Una de las tecnologías punteras más prometedoras en el ámbito de la neurociencia son las interfaces cerebro-máquina. Se trata de un dispositivo que se basa en la adquisición de ondas cerebrales para luego ser procesadas e interpretadas por una máquina u ordenador. Esta tecnología permite establecer una comunicación entre el cerebro humano y una máquina, lo que abre un nuevo camino para interactuar con la tecnología mediante nuestro pensamiento. Ya hay multitud de proyectos que están estudiando el desarrollo de las interfaces cerebro-máquina. El más conocido es el desarrollado por el magnate tecnológico **Elon Musk** con su empresa **Neuralink**, que propone desarrollar una interfaz para conectar sensores al cerebro humano cosidos con hilos microscópicos que permitan comunicar distintas áreas entre ellas y con el exterior.

## ■ Una de las tecnologías punteras en el ámbito de la neurociencia son las interfaces cerebro-máquina

Ser capaces de manejar una máquina con nuestro cerebro es una de las utilidades curiosas que promete Musk, pero el uso extendido de las interfaces cerebro-máquina podría traer principalmente mejoras en el estudio de las conexiones cerebrales y la recopilación de información sobre el funcionamiento neuronal. Aun así, esta tecnología se enfrenta a un gran reto. *"Hoy en día, no existe ni una sola interfaz neuronal que podamos implantar en una persona y que dure un periodo de tiempo aceptable durante su vida", señala Michel Maharbiz, profesor en la Universidad de California-Berkeley y cofundador de una empresa llamada Iota Biosciences junto con Jose Carmena, profesor de ingeniería electrónica y neurociencia en la misma universidad. "Se trata de un hecho fundamental que condiciona los estudios clínicos y que aún no tiene solución".*

Maharbiz señala que todo el mundo, entre ellos Neuralink, lo está intentando solucionar. Para intentar aportar su granito de arena, Maharbiz y Carmena fundaron su empresa Iota Biosciences que tuvo como resultado lo que se apodó "polvo neuronal". Se trata de implantes

cerebrales inalámbricos diminutos que son capaces de monitorizar en tiempo real músculos, órganos y nervios en las profundidades del cuerpo. Podrían tratar enfermedades como la epilepsia y, también en un futuro, controlar prótesis. Los sensores de este polvo neuronal se comunican a través de ultrasonido con un parche que los activa y recibe información para cualquier terapia deseada. Sus impulsores imaginan que podrían ser implantados en un simple procedimiento ambulatorio, de la misma manera que una persona se hace un piercing o un tatuaje, [según recoge la Agencia Sinc.](#)



*"Podemos aprender los principios más importantes acerca de cómo el cerebro aprende nuevas habilidades y utilizarlos para empoderar a una persona sana y darle más control, más libertad en el mundo, de una manera más o menos invasiva", explica Carmena. "También los podemos utilizar para lo que se utilizan las interfaces cerebro-computadoras hoy en día: para ayudar a las personas con discapacidades".*

La aplicación de las interfaces cerebro-computadoras está extendiéndose "muy rápidamente por el ámbito de las enfermedades mentales; es lo que denominamos "prótesis mentales", cuenta Carmena. Este sector está avanzando muy rápido para poder aprovechar todo el conocimiento de estas nuevas tecnologías y sacar partido a lo que los expertos pueden hacer con estos sistemas cerrados para tratar los trastornos neuronales psiquiátricos de una manera completamente diferente a la farmacológica.

*"Se lleva mucho tiempo soñando con la idea de que sería genial (por motivos de diagnóstico, grabación de estados cerebrales o neuromodulación de los nervios periféricos) tener implantes muy pequeños y completamente inalámbricos, sin ninguna conexión, que pudieran centrarse en nervios pequeños y procesos cerebrales específicos", explica Maharbiz. "La manera correcta de hacerlo es a través de la física del ultrasonido, que te permite alimentar y construir una interfaz de comunicación bidireccional con objetos que, hoy en día, se fabrican a tamaño milimétrico".*

El investigador lo compara con la idea de poder ponerle una pulsera Fitbit (que se encarga de monitorizar la actividad deportiva de los usuarios) al hígado. *"Es ir un paso más allá de los estados cerebrales y la modulación periférica", explica Maharbiz. "¿Qué pasaría si fueras propenso a tener la enfermedad del hígado graso, porque tienes el genotipo y sabes que estás en riesgo?" "En Iota, ponemos una mota en la vena porta que monitoriza el estado del oxígeno que sale del hígado y comprueba el estado del hígado cada mañana, entonces emite un pitido y te tomas la medicación. Eso no*

## ■ La aplicación de las interfaces cerebro-computadoras está extendiéndose rápidamente en el ámbito de las enfermedades mentales

*"Esencialmente, se trata de mapear los sistemas fisiológicos del paciente, identificando los nodos de la red que provocan ciertas enfermedades, como el trastorno por estrés postraumático, la ansiedad o la depresión; y después, se aplica una intervención, como por ejemplo la estimulación, para aliviar al paciente. Quizás a largo plazo el objetivo será curar, desaprender dichas enfermedades", explica Carmena.*

Pero, ¿es factible curar estas enfermedades? **Mustafa Husain**, profesor de psiquiatría, neurología y medicina,

resalta que, como ya hemos visto, las técnicas de neuroimagen distinguen entre la depresión, la esquizofrenia y la ansiedad. *"Una vez que entendamos esos sistemas neuronales y su mecanismo, así como qué causa esos problemas, entonces tendremos muchas posibilidades"*, asegura Husain.

### 3.3

## Realidad Virtual

La realidad virtual es popularmente conocida por sus aplicaciones en el entorno del entretenimiento. La inmersión en nuevos mundos para consumir contenido cultural (como conciertos, contenido exclusivo de películas o recitales de baile) pero, sobre todo, para jugar a videojuegos se extiende por a poco. En estos casos, una de las mayores críticas es la calidad de la imagen y el tiempo de carga: el contenido necesita una capacidad de procesamiento muy grande para estar a la altura de lo esperado. Pero en sus aplicaciones para el entorno de la salud estos hándicaps se reducen.

Hasta ahora, hay distintos proyectos que están desarrollando programas para aplicar esta tecnología en centros de salud y hospitales. El Hospital Universitario de La Paz puso en marcha el proyecto **VTR** el año pasado con el objetivo de mejorar la atención psicológica tanto de los familiares como de los menores trasplantados durante todo el tratamiento. *"En el caso de los niños es fundamental evitarles situaciones estresantes. Un caso claro es con las sedaciones o con las vías. La realidad virtual nos sirve para entrenarlos y que todo sea más fácil"*, asegura **Erika Guijarro**, **directora de la iniciativa a El País Retina**. La iniciativa busca dar respuesta a tres objetivos: prevención, distracción y concienciación. El Hospital de La Princesa de Madrid también ha puesto en marcha un ensayo clínico que aplica la realidad virtual inmersiva en la rehabilitación de pacientes con esclerosis múltiple. Medio centenar de personas usan unas gafas especiales con ejercicios programados para optimizar su tiempo en casa.

Una de las personas que más sabe de esta tecnología en el mundo es **Walter Greenleaf**, erudito del Virtual Human Interaction Lab en la Universidad de Stanford. *"Tuve el honor de estar involucrado en los comienzos de la realidad aumentada hace más de 33 años, y, de hecho, formé parte de la discusión sobre cómo denominarla"*, cuenta Greenleaf. *"Yo estoy en contra del término realidad virtual, creo que es demasiado simple, y defendí que se la denominara con un término muy científico. Llevo trabajando en el ámbito de las tecnologías de realidad virtual y realidad aumentada y sus diversas aplicaciones médicas bastantes años"*.

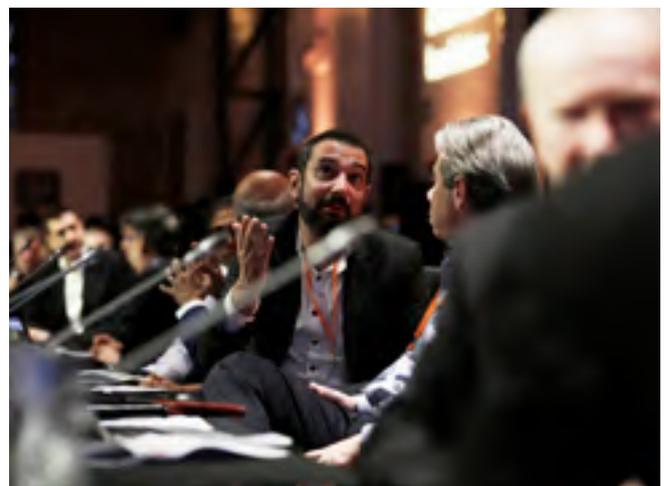
Greenleaf también es neurocientífico del comportamiento y realiza investigaciones básicas sobre nuevas intervenciones

para la depresión, el autismo, el síndrome de Asperger y las adicciones. También trabaja como desarrollador de productos médicos, intentando trasladar algunos de los resultados neurocientíficos básicos a los nuevos productos. Toda esta experiencia hace que Greenleaf esté orientado a la aplicación en la medicina de la realidad virtual. *"Podemos coger algunas de las lecciones que hemos aprendido de la gamificación y aplicarlas a las intervenciones médicas para fomentar la adherencia y facilitar la participación"*.

## ■ La realidad virtual es una herramienta muy poderosa para la investigación y para la intervención

*"Podemos, a la hora de tratar adicciones, ofrecer al paciente un entorno virtual para practicar sus habilidades de rechazo o su confianza situacional; con pacientes con trastorno del espectro autista, podemos ensayar las interacciones sociales y exagerar la comunicación no verbal, el lenguaje corporal, las expresiones faciales..."*, explica Greenleaf. Las aplicaciones de esta tecnología para ayudar en la recuperación de los pacientes son múltiples.

*"Es una herramienta muy poderosa para la investigación y para la intervención"*, continúa. Puede aportar mucha información social relacionada con cómo nos comportamos. *"También capturamos los movimientos pequeños, los micromovimientos de las personas, para entender algunas de las dinámicas interpersonales más básicas; no solo para entender cómo interactúan en estas situaciones concretas, sino para saber cómo funcionan los grupos de gente en conjunto"*.



Inicialmente, se pensaba en la realidad virtual como algo exclusivo de los entornos de juego. Pero ahora que se ha pasado al ámbito corporativo, los grandes titanes tecnológicos han invertido miles de millones de dólares en el desarrollo de esta tecnología. *"Y no van a recuperar esa inversión a través de la industria del entrenamiento y de los videojuegos"*, asegura Greenleaf. *"El sector médico es uno de los sectores que más está invirtiendo en este ámbito"*.

### 3.4

## Wearables

Hay vida más allá de los dispositivos deportivos que recogen datos como las pulsaciones, la respiración o la quema de grasas. En el ámbito de la salud, los wearables pasan a una dimensión mucho más sofisticada y profesionalizada. **Didier Stricker** dirige un grupo sobre visión aumentada en el Instituto Alemán de Inteligencia Artificial que está especializado en desarrollar algoritmos y métodos de aprendizaje automático en el procesamiento de imágenes a través de la visión artificial y las redes de sensores corporales. Actualmente, algunos trabajan en conducción autónoma, otros en percepción y otros en la visión artificial y la realidad aumentada.

Toda esta información se puede trasladar a dispositivos wearables que sirven para, por ejemplo, entender cómo se mueven los pacientes. *"Intentamos pasar de la realidad aumentada tradicional a lo que denominamos realidad aumentada cognitiva"*, explica Stricker. *"¿Cómo conseguimos esa información y cómo podemos deducir las intenciones de una persona? Hemos desarrollado varias técnicas"*, continúa. *"Ponemos unos 20 sensores corporales e intentamos capturar el comportamiento de las personas. También utilizamos una cámara para ver cómo hacen las cosas. Hemos desarrollado un sistema que es parecido a un sistema robótico"*.

Lo llaman así porque permite aprender y almacenar información sobre los usuarios, sobre el modo en que hacen cosas como reparar un objeto o incluso jugar al golf. *"Capturamos su experiencia o habilidades y las digitalizamos, con lo cual tenemos muchísimos datos"*, cuenta Stricker.

Toda esta información recogida por los sensores les sirve para interpretar lo que hace la gente. *"Una vez que sabemos qué están haciendo y lo que otros han hecho antes, una vez*

*que conocemos el flujo de trabajo, intentamos deducir las intenciones"*, cuenta Stricker. La red de sensores corporales captura la biomecánica de las personas. *"Detrás de todo esto hay mucho aprendizaje automático, intentamos aprender basándonos en los datos"*.

Por el momento, gracias a toda esta información recopilada con los wearables pueden observar la fatiga y el cansancio. *"Y nos encantaría poder detectar la depresión en los datos que tenemos"*. Para afinar más en los diagnósticos, ahora están buscando señales más pequeñas y precisas para lo que añaden poco a poco los sensores que capturan datos fisiológicos. *"La idea es utilizarlos para crear sistemas de asistencia mejorados y nuevos sistemas terapéuticos"*.

## ■ Los neurowearable podrían capturar la intención, la reacción y el estado emocional

Este sistema se puede definir como un conjunto de sensores de emociones ya que puede capturar la intención, la reacción y el estado emocional. *"Hemos conseguido hacerlos tan pequeños que los puedes llevar en la ropa, hemos sacado la tecnología del laboratorio"*. Para hacerlo, han trabajado con diferentes técnicas. *"Una de ellas es la autocalibración. Llevas los sensores, comienzan a funcionar, y todo se calibra automáticamente. Hemos conseguido que sean estables durante horas, no solo minutos"*.

**Mustafa Husain** se pregunta si este sistema puede servir para desarrollar sensores específicos para enfermedades concretas, como el trastorno de pánico. *"Es un trastorno muy definido: respiración agitada, pulso acelerado, frecuencia cardíaca rápida... y puede tratarse mejor si se identifica pronto"*. Efectivamente, el grupo de Stricker ha comenzado a trabajar en esta área. *"La red de sensores corporales que hemos desarrollado permite obtener la cinemática de una persona con un gran nivel de detalle. Ahora nos estamos centrando más en los sensores fisiológicos"*, *"Hay que combinar esta información con sistemas más centrados en el comportamiento"*.

### 3.5

## Máquinas que sienten

Las propuestas más innovadoras respecto a la Inteligencia Artificial tienen algo en común: están intentando ir más allá del uso del *machine learning* para analizar cantidades

ingentes de información y se están aventurando en la investigación de los aspectos más humanos de la Inteligencia Artificial. Un ejemplo claro es el diseño de máquinas que sean capaces de sentir emociones o ser conscientes de su propia existencia. **Antonio Damasio**, [ha publicado un paper recientemente en el que explica este proyecto](#). La idea es desarrollar máquinas que sean capaces de sentir, de tener sentimientos y, por lo tanto, de tener conciencia.

Al principio, explica Damasio, él era un agnóstico sobre el tema, decía: *"me encantan las máquinas, pero nunca van a ser como yo, nunca van a tener sentimientos ni conciencia"*. Pero después, él y su equipo se plantearon cuestiones más profundas. ¿Por qué no hacemos máquinas vulnerables? Tener máquinas con sentimientos podía servir para dos cosas. La primera, como una plataforma experimental de pruebas, como una forma de estudiar los sentimientos y la conciencia humanos, pero fuera del cuerpo humano. En segundo lugar, esperaban que creara algo bastante intrigante, una máquina aún más inteligente. *"Lo que las máquinas vivientes hacen es preocuparse por su vida y protegerla de manera incondicional"*.

*"Durante mucho tiempo he manifestado que, si quisiéramos destruir una máquina, un robot, especialmente según se construyen hoy en día con materiales duros que son invulnerables, tendríamos que darle un hachazo"*, explica Damasio. *"Esas máquinas no van a tener sentimientos y, por lo tanto, van a verse privadas de la posibilidad de sentir. Esto implica también algo que va muy de la mano: la posibilidad de tener conciencia"*.

- **Crear máquinas más inteligentes que, al tener posibilidad de sentir, puedan tener conciencia**

Por eso, Damasio apuesta por el desarrollo de robots blandos, aquellos que están hechos de materiales hiperflexibles y que pueden retorcerse, doblarse y estirarse. Mientras que en la robótica rígida se reduce la flexibilidad del material para que sean más precisos y potentes, en la robótica suave se favorece una interacción más segura con el medio ambiente. Con esta composición, los robots blandos son muy útiles para realizar cualquier actividad que tenga que ver con interactuar con seres humanos.

Si a esto le añadimos una gran capacidad intelectual, nos acercamos a la propuesta de Damasio: en lugar de montar un dispositivo muy complejo cognitivamente hablando, Damasio propone debilitar el diseño y crear vulnerabilidad y riesgo esperando que, al tener una gran capacidad intelectual, viéramos una evolución del robot, con la posibilidad de defenderse y de ser más inteligente debido a su adaptabilidad. *"Sería algo más fácil de aceptar para las personas, por así decirlo, y habría muchísimas maneras interesantes de aplicarlo"*.

Es decir, Damasio y su equipo proponen una clase de máquinas que pudieran desarrollar sentimientos y conciencia, pero, sobre todo, la sensación de riesgo para sí mismas. *"Por suerte, ahora hay unos cuantos desarrollos nuevos que quizá lo conviertan en el futuro en una posibilidad real, como la robótica blanda, el hecho de que haya nuevos materiales que, en lugar de ser rígidos como el acero, pueden deformarse"*.

Pero para que esta máquina perciba el riesgo y desarrolle la necesidad de mantenerse con vida hace falta algo más que un cuerpo vulnerable: debe ser capaz de sentir. *"Un aspecto que realmente diferencia a los humanos de otras criaturas que han existido antes de nosotros es que nosotros tenemos una mente especializada"*, cuenta Damasio. *"Solo las criaturas que cuentan con sistema nervioso, como nosotros, tienen la posibilidad de acceder a sentimientos como el bienestar, el malestar o el dolor... También a los sentimientos relacionados con procesos emocionales más complejos, como por ejemplo la alegría, el miedo, el enfado o la compasión"*.

Son estos sentimientos los que guían nuestra vida: todo lo que hacemos se ve impactado por ellos. *"Esta posibilidad que tenemos de sentir bienestar, dolor, anhelo o deseo, entre otros, es lo que realmente gestiona nuestra vida. Estos sentimientos implican algo: la conciencia"*, cuenta Damasio.

La conciencia, al fin y al cabo, es la posibilidad de tener una experiencia mental que cuenta con dos componentes críticos: uno de ellos es lo que podríamos llamar la autorreferencia, cuando eres consciente de algo, sabes que se refiere a ti, en concreto se refiere a tu cuerpo. En segundo lugar, es inevitable que dichas experiencias mentales vayan acompañadas de sentimiento; no es que pueda haber o no un sentimiento, es que es inherente al proceso de experiencia. Este sentimiento es una especie de clasificación del estado de la vida en un momento determinado. Así, Damasio propone crear máquinas vulnerables

que sean capaces de tener sentimientos y, lo tanto, conciencia de sí mismas y del riesgo al que se ven sometidas. Uno de los ejes básicos sobre los que pivota esta propuesta es el concepto de conciencia. **Manos Tsakiris**, estudia la conexión entre el cuerpo y el yo desde la perspectiva de la psicología y la neurociencia cognitiva. Saber cómo se relacionan estos dos conceptos puede ser básico para llegar a desarrollar máquinas con emociones.

La psicología moderna siempre ha puesto el foco en cómo percibimos el cuerpo desde fuera, por ejemplo, cuando nos vemos en el espejo, una habilidad que compartimos con otros primates y que se considera un punto esencial en el desarrollo del yo. En neurociencia, también se usan ilusiones corporales para intentar modelar el sentimiento de que dicho cuerpo le pertenece a uno. *"Este tipo de avances han influido bastante a la hora de ayudarnos a entender cómo crea el cerebro ese sentido de propiedad y de control sobre el cuerpo"*, explica Tsakiris.

Esto tiene implicaciones importantes acerca de cómo nos relacionamos los unos con los otros, así como implicaciones tecnológicas sobre cómo podemos experimentarnos a nosotros mismos en entornos de realidad virtual. Algunos estudios intentan averiguar qué red neuronal se involucra en ese aspecto, en el sentimiento de control sobre nuestras propias acciones vistas desde fuera. Pero hemos estado ignorando otra cara del asunto, lo que denominamos "cuerpo interoceptivo": el cuerpo como experiencia desde dentro, que abarca las sensaciones (como la intuición, los latidos del corazón o la respiración) y que es crucial para garantizar la estabilidad del organismo, para la homeostasis.

La pregunta es cómo afecta esta conciencia de nosotros mismos al cerebro. En los últimos 10 años ha habido un aumento exponencial en el número de artículos que hablan de

esta función interoceptiva. *"Ahora sabemos que los déficits del cerebro para procesar la información del cuerpo influyen en una serie de afecciones de salud físicas y mentales, así como en la toma de decisiones, la cognición emocional, la regulación emocional, la percepción del tiempo y el autoconocimiento, en general"*, explica Tsakiris.

La capacidad del cerebro para procesar esta información está relacionada con otro aspecto: el de las tecnologías que los usuarios utilizan para complementar la experiencia afectiva o interoceptiva de sus cuerpos. Por ejemplo, los dispositivos *wearables* para medir todo tipo de variables sobre nuestro funcionamiento fisiológico, desde el número de pasos que caminamos hasta los niveles de glucosa, pasando por los latidos del corazón.

*"La pregunta es: ¿qué estamos consiguiendo realmente al darle a la gente este tipo de información tan explícita? No una experiencia de primera mano sobre cómo se sienten, sino una lectura de lo que hacen sus cuerpos. ¿Los estamos convirtiendo en ansiosos contables que comprueban constantemente sus hojas de cálculo para ver si están caminando los pasos suficientes o si tienen el ritmo cardíaco apropiado?"*, se pregunta Tsakiris, que propone un enfoque alternativo de tecnologías *wearables* que sean un poco más integradas, incorporadas y empáticas.

Tsakiris destaca otras dos cuestiones a resolver. La primera es la soledad, *"que se está convirtiendo en una epidemia bastante significativa"*, asegura. *"Creo que uno de los retos que tendremos que abordar en el futuro es el impacto de la soledad en la salud mental y física y cómo utilizar las tecnologías de las que hablamos aquí para mitigar algunos de los riesgos que conlleva"*. Se cree que los robots sociales son una posible solución para el problema de la soledad, especialmente para la población envejecida. *"Podemos pensar en robots duros que interactúen con nuestros mayores, o en robots blandos, como los que Antonio Damasio ha sugerido, que tengan ciertas similitudes en cuanto a vulnerabilidad y riesgos"*.

La segunda cuestión está relacionada con los sentimientos afectantes. *"Lo que suele estar mal en el caso de la mayoría de la gente que necesita tratamiento por motivos de salud mental, y también en muchos trastornos psiquiátricos, son los sentimientos, cómo nos experimentamos a nosotros mismos en relación con los demás"*, explica Tsakiris. No tomamos decisiones solo de manera racional, nos influyen nuestras emociones, y cuanto más pensemos en cómo las emociones participan en nuestra vida diaria, en nuestra toma de decisiones, más aprenderemos y más entenderemos por qué es tan importante que la gente sepa "leer" sus emociones. *"Esto no es algo banal, probablemente tendremos que considerar tecnologías más radicales que le permitan a la gente experimentar de verdad sus propios cuerpos en lugar de simplemente medir sus experiencias"*, asegura Tsakiris.

04

# El futuro de la neurociencia

Uno de los sectores que puede contribuir a la evolución de la neurociencia es la inversión de empresas privadas o el desarrollo de negocios que estén vinculados a esta ciencia.

## 4.1

### Lo que las empresas traerán

Un buen ejemplo del primer caso es **Manuel López Figueroa**, director ejecutivo de la empresa de capital de riesgo Bay City Capital, en San Francisco, que invierte en compañías que tienen un gran impacto en pacientes de psiquiatría o neurología. Como, por ejemplo, **Civitas**, que, según explica López Figueroa, ha desarrollado una forma inhalable de la **levodopa (L-DOPA)**, el medicamento más eficaz en el tratamiento de la enfermedad de Parkinson.

Uno de los propósitos que guían a López Figueroa y su equipo es **fundar empresas basándose en lo que creen que va a tener más impacto en los próximos 10 años**. Algunas de las más innovadoras están trabajando con neurotecnología y el desarrollo de dispositivos médicos, como sucede con **Nevro**, que desarrolla el concepto de modulación de la médula espinal, con unas sondas especiales que tratan lesiones de la médula espinal y tratan de reducir el dolor. Y parece que su propuesta convence: se ha convertido en una empresa cotizada en bolsa por valor de mil millones de dólares.

A ella se unen otras como **Brain Cells**, que se basa en el concepto de la modulación de la neurogénesis para tratar trastornos psiquiátricos; o **Reset Therapeutics**, que se basa en el concepto de la modulación de los ritmos circadianos

como método para tratar trastornos del sistema nervioso central. De hecho, hay muchas empresas que se centran en la innovación en el sistema nervioso central, *"es ahí donde están las ideas y donde se está poniendo el dinero ahora"*, explica López Figueroa. Para hacerse una idea de la relevancia de estas propuestas, el año pasado el Premio Nobel de Medicina se les otorgó a unos pioneros en este campo. El inversor y empresario también resalta el uso de otras tecnologías asociadas con tratamientos farmacológicos. Y señala que hay empresas, como **Pearl Therapeutics**, Aquila o Click, que intentan combinarlos.

Lo que todas estas compañías tienen en común es que plantean *"nuevos enfoques muy emocionantes, como la aplicación genética y de otras herramientas moleculares en la medicina personalizada, en la predisposición y también para obtener un mejor entendimiento del estado del paciente"*, explica López Figueroa. *"En los próximos 10 años veremos los resultados"*.

Otro fondo de inversión que tiene su visión puesta en el futuro es **Joy Ventures**: su objetivo es desarrollar productos de consumo para el bienestar emocional respaldados por la ciencia. Eso conlleva, antes de nada, intentar averiguar cómo podría ser una experiencia típica humana en el futuro para intentar desarrollar dispositivos acordes a ella. *"Al fin y al cabo, podemos tener una tecnología y una ciencia estupendas, pero si no somos capaces de crear experiencias realmente significativas centradas en las personas, la gente*

*no conectará emocionalmente con esa tecnología o ese producto", señala Miri Polacheck, CEO de Joy Ventures.*

A día de hoy, pasamos mucho tiempo intentando imaginar cómo será la vida diaria en el futuro, cómo serán las interacciones entre nosotros y la tecnología. *"En una conferencia a la que asistí recientemente, tuvimos que imaginarnos que nos levantábamos por la mañana y nos mirábamos en el espejo del cuarto de baño",* explica Polacheck. No hace falta echarle mucha imaginación para ver que se trataría de un espejo inteligente. Y el espejo nos diría *"no dormiste bien anoche, pareces triste y cansado"*. Entonces nos daría feedback y nos sugeriría diferentes actividades o intervenciones, como un suplemento personalizado para ese momento concreto. Esa tecnología interactuaría con nosotros a lo largo del día: en el trabajo, antes de irnos a la cama, mientras dormimos... y no estaría solo en el espejo, sino en muchos otros objetos.

*"En el futuro, la idea es que todos esos productos digitales o físicos estén integrados en nuestra vida diaria para ayudarnos a vivir el día a día, ser felices y a mantener nuestro bienestar. Eso es lo que intentamos imaginar cuando pensamos en los productos del futuro en los que nos gustaría invertir",* cuenta Polacheck. Pero para que esta interacción sea fructífera, uno de los requisitos que el dispositivo debe cumplir es que tiene que ser fácil de usar y fiable, que proporcione algún tipo de feedback y que suponga un cambio significativo para los usuarios; la idea no es que se decidan a utilizar el producto una sola vez, sino que lo compren y después continúen usándolo porque les resulta útil o les aporta algo.

Para que los dispositivos del futuro, sean como sean, ayuden a los usuarios a encontrarse mejor también es necesario

seguir investigando en el comportamiento emocional. En los últimos años, se ha producido una evolución muy rápida en la detección y el análisis de emociones, sobre todo en lo vinculado a la computación afectiva. *"Abarca la capacidad de analizar nuestras emociones a través de diferentes tipos de entradas, ya sean sensoriales, de voz, de habla, de expresiones faciales y gestos... y la capacidad de entender el estado del usuario y responder con algún tipo de contenido recomendado para influir en lo que la persona está haciendo",* cuenta Polacheck.

## ■ Los dispositivos del futuro deben ayudar a sus usuarios a mejorar su estado emocional

Esta ya es una práctica que utilizan grandes empresas, aunque en esos casos los usos finales están más relacionados con el marketing y la venta de productos: **detectar el estado emocional de un posible comprador puede ayudarles a influir en el comportamiento del usuario modificando la información que se le muestra.** Pero en lo relacionado con la salud, *"es un componente importante que en el futuro enriquecerá y facilitará la interacción entre humanos y máquinas y lo hará significativo. Esta es una de las áreas que observamos y creo que es importante seguirla de cerca"*.

Polacheck pone de ejemplo a varias empresas que están trabajando en esta línea. Una de ellas es **Afectiva**, fundada por Rosalind Picard, pionera de la computación afectiva, en el Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT). También hay otra israelí que se llama The Elegant Monkeys que Joy Ventures está siguiendo de cerca. *"Se trata de un sector muy interesante que vemos como una gran oportunidad. Está aumentando con la adopción de estas tecnologías y su capacidad para mejorar la capacidad cerebral",* señala Polacheck.

Cada vez más gente está dispuesta a utilizar estas tecnologías no invasivas para gestionar o influir de algún modo en sus estados emocionales, y esto se utiliza tanto para aplicaciones clínicas como no clínicas, como ya hemos dicho. Los expertos señalan que la clave será, con el paso del tiempo, hacer que sean más fiables, más asequibles y más fáciles de utilizar. Pero aún tienen que enfrentarse a algunos retos. La gente empezará a ver que usar estos dispositivos tiene un efecto en su estado y que esto cambia con el paso del tiempo. Es necesario asegurarse de que uno no se puede habituar a estas tecnologías y que, si quiere utilizarla para mejorar su atención o cualquier otra cosa, la pueda seguir utilizando y conseguir ese mismo efecto con el paso del tiempo, señala Polacheck.

Un pedazo de ese futuro lo llevamos ya encima. Nuestro teléfono móvil inteligente se está convirtiendo en una extensión de nosotros mismos. Es otra manera en la que la tecnología está conectada a nosotros. Y no es solamente el móvil, sino también el reloj que llevamos en la muñeca o cualquier otro dispositivo *wearable* que esté conectado. La tendencia es que estos dispositivos nos podrán analizar las 24 horas del día los 7 días de la semana, capturando datos. Y estos datos podrán proporcionar experiencias significativas. Por ejemplo, la asistencia digital que se puede ofrecer a través del teléfono de una manera personalizada; también una variedad de aplicaciones que digitalicen la psicología y diferentes tipos de metodologías de bienestar, como por ejemplo la terapia cognitivo-conductual o el *mindfulness*.

*“Este tipo de metodologías serán cada vez más accesibles para la gente a través del teléfono”, explica Polacheck. Y este es otro de los puntos clave que está relacionado con las soluciones para grupos de población específicos. “Vemos que cada vez hay más soluciones específicas que ofrecer a grupos concretos”, explica Polacheck. Se refiere, por ejemplo, a soluciones pensadas específicamente solo para la población de edad avanzada, solo para las mujeres o solo para los jóvenes que están en la universidad o en el instituto.*

Estas soluciones abordan necesidades muy específicas de esos grupos de población, y, en opinión de los expertos, con el paso del tiempo vamos a ver cada vez más respuestas concretas a los asuntos específicos que viven estos grupos. Es, por ejemplo, el caso de las mujeres: durante su vida, pasan por una gran variedad de experiencias de salud que tienen un impacto muy importante en su bienestar emocional. *“Y eso es algo que tradicionalmente no se ha abordado”, apostilla Polacheck. “Por lo tanto, la capacidad de coger estas diferentes tecnologías y ofrecer a las mujeres soluciones específicas también es muy emocionante”. Lo mismo ocurre con el envejecimiento: hay robots sociales o entrenamiento cognitivo que se le ofrecen específicamente a la población anciana, así como algunas herramientas que pueden ser útiles para los jóvenes con TDAH.*

## 4.2

### Un futuro alentador

Como hemos visto, las empresas tienen ya la vista puesta en los avances que llegarán durante los próximos diez años y están sobre todo relacionados con nuevos tratamientos de enfermedades, mejora de la salud, aumento del bienestar, análisis de información y personalización de los dispositivos para que sean útiles para distintos grupos. Aunque los procesos de investigación son lentos y aún hay que superar distintos retos relacionados con la regulación de las nuevas tecnologías y su uso en humanos, los **expertos del Future**

**Trends Forum se aventuran a señalar algunos avances que, según ellos, sucederán en los próximos años y que cambiarán la vida de muchas personas.**

#### 4.2.1

### Evolución en las técnicas de neuroimagen

En los últimos años, el desarrollo de las tecnologías de observación del cerebro ha sido exponencial. Y los expertos auguran que el desarrollo de estos sistemas seguirá creciendo. Los conocimientos a los que tenemos acceso ahora están en constante evolución, pero, de aquí a 2030, el desarrollo de la tecnología permitirá tener más información sobre los distintos tipos de células que hay en el cerebro y sus conexiones. Este conocimiento se podrá adquirir gracias a la evolución en las técnicas de neuroimagen, que presumiblemente mejorarán gracias al desarrollo de las señales ópticas.

Dado que el cerebro sigue siendo un gran enigma, el desarrollo de estas técnicas es muy prometedor: permitirá saber más sobre los tipos de neuronas y cómo se relacionan entre ellas. También permitirá profundizar en los patrones de conexión vinculados a distintas enfermedades y desentrañar el funcionamiento de distintos procesos mentales como la memoria o el sueño, implicado en muchas patologías.

## ■ El conocimiento del cerebro se conseguirá gracias al desarrollo de las técnicas de neuroimagen

#### 4.2.2

### Un tratamiento diferente para cada persona

En los últimos años, la palabra personalización ha estado cada vez más presente en el ámbito tecnológico. Personalizar la publicidad para asegurar más ventas o personalizar el contenido de entretenimiento para acertar con los gustos de los usuarios. Pero si hay un ámbito en el que

la personalización es tan importante que puede salvar vidas es en el de la salud. Por eso, no es de extrañar que otra de las vertientes en la que los expertos están de acuerdo es en la personalización de tratamientos, que permite adaptarlos a las necesidades concretas de cada paciente. Cada uno sufre la depresión de forma diferente y le afecta a nivel biológico también de distinta manera.

Próximamente veremos cómo se desarrollan herramientas tecnológicas para predecir enfermedades, lo que facilitará poder manejarlas mejor. Esto posibilitará hacer único a cada ser humano y customizar y diseñar los tratamientos a su medida. Por ejemplo, en los trastornos mentales. Como comentábamos, la depresión es distinta en cada persona, lo que nos motivará a encontrar la forma de identificar aspectos concretos e individuales y también formas únicas de abordarlas. Pero también hay algunos retos que se deben superar por el camino, ¿qué pasa con las cuestiones éticas al predecir una enfermedad? ¿Cómo afectará todo este nuevo conocimiento a las personas y la sociedad?

## ■ Se desarrollarán tecnologías que posibilitarán tratamientos a medida para cada ser humano

### 4.2.3

#### Más conocimiento, mejoras para todos

Según los expertos, las tecnologías nos ayudarán a seguir desenredando el misterio del cerebro humano.

## ■ La tecnología nos ayudará a seguir desenredando el misterio del cerebro humano

Aunque este avance tiene un impacto menos directo en la sociedad, influirá en la capacidad de seguir investigando y encontrar soluciones innovadoras o formas más eficientes de intervenir enfermedades. Relacionado con el desarrollo del conocimiento está la idea que, de aquí a 2030, habrá más licenciados en carreras universitarias, pero el trabajo que ahora se hace presencial, yendo a clase, será cada vez más online y el tiempo para sacarse una carrera podrá reducirse a un año, según los expertos. **Matthew Hudson**, periodista de ciencia en la revista Science añade que, para entonces, el 90% de la población mundial tendrá acceso a internet, lo que podría contribuir a ese avance.

### 4.2.4

#### Humanos mejorados

Este desarrollo de conocimientos, además de para personalizar y encontrar tratamientos más eficientes, también se puede utilizar para seleccionar y mejorar a humanos sanos. Los sensores inteligentes y el desarrollo de *wearables* basados en neurotecnología contribuirá a esta idea de mejorar capacidades humanas. Estas capacidades mejorarán tanto, que hay quien se aventura a asegurar que, para 2050, los humanos seremos capaces de comunicarnos por telepatía. Pero, quedándonos un poco antes, los expertos auguran que la comunicación aumentada y los dispositivos inteligentes contribuirán a reducir la sensación de soledad y a aumentar la autonomía de las personas con discapacidades. También aventuran que habrá una amplia adopción por parte del consumidor de tecnologías de bienestar cognitivo y emocional para hacer frente a sus desafíos diarios y mejorar su calidad de vida.

## ■ La neurotecnología mejorará las capacidades humanas

### 4.2.5

#### Cada vez más cerca de una regulación

Todas estas ideas de mejora de las capacidades humanas siempre vienen acompañadas de grandes implicaciones éticas. Por ejemplo, es lo que sucede con la tecnología que analiza el cerebro para decidir quién merece más ir a la Universidad. O hasta qué punto debería utilizarse tecnología para mejorar el rendimiento intelectual. ¿En qué punto es suficiente? ¿Acabaremos siendo humanos con superpoderes? Los expertos aventuran que la industria y la regulación llegarán a un punto común para especificar el uso de endofenotipos en la educación, el empleo y otras decisiones y ámbitos sociales.

### 4.2.6

#### Cuidado de la salud a través de dispositivos

En el ámbito donde más van a impactar los avances en conocimiento es en el desarrollo de tecnologías para reparar enfermedades y mejorar la calidad de vida de los ciudadanos: esto tendrá un impacto claro, directo y positivo en la sociedad. A lo largo de la historia el avance de la tecnología y la investigación ha reducido drásticamente las muertes por enfermedades que ahora consideramos tratables y antes eran mortales.

## ■ El ámbito donde más se va a avanzar es el cuidado de la salud a través de dispositivos *wearables*

Este conocimiento derivará en la creación de tecnología móvil y accesible en cualquier parte, como los *wearables*, lo cual impactaría en la educación, la telemedicina, el diagnóstico de enfermedades e incluso en el ámbito financiero. Más concretamente, estas tecnologías

pueden influir en el cuidado de la salud, al poder monitorizar y tratar síntomas a distancia; la mejora y adecuación personal de la educación, al personalizarla para los estudiantes dependiendo de sus capacidades; un tratamiento más preciso de la salud mental, al poder prevenir problemas mentales, incluso antes de que los pacientes tengan que pedir ayuda sanitaria; y el aumento del bienestar, al desarrollar dispositivos que ayuden a monitorizar el estado de salud de forma diaria.

### 4.2.7

#### Curar enfermedades incurables

Toda la información a la que tenemos acceso ya es parte de nuestra realidad *"y es obvio que será una parte aún mayor en el futuro"*, explica **Antonio Damasio**. Se puede aplicar a diferentes áreas, como, por ejemplo, la salud mental, las enfermedades degenerativas o el Alzheimer en particular. *"Es un hecho que hay muchas patologías humanas en el campo de la neurología y la psiquiatría para las que se va a descubrir un tratamiento mucho mejor que el que hay hoy en día. Todos esperamos que ese sea el caso y que podamos lograrlo"*, matiza. *"Me gustaría llegar a ver tratamientos eficaces para algunos de los flagelos más importantes, que están en el área de psiquiatría, principalmente en el área de la demencia. No puedo sino decir que tenemos puestas muchas esperanzas en el campo de la enfermedad de Alzheimer"*.



De hecho, los expertos aseguran que se descubrirán las causas primarias del Alzheimer y los tratamientos estarán disponibles para el público general en 2026 y que solo unos años después, se encontrará una cura para el Alzheimer. Algunos afinan un poco más y aseguran que las personas con algunos síndromes y discapacidades estarán tan integradas social y laboralmente que será un equipo de personas formado por científicos con síndrome de Down quienes descubran un nuevo sistema de detección temprana o tratamiento para el Alzheimer. Esto se podría propiciar gracias a otra apuesta de nuestros expertos: en torno a 2027, **se encontrará un tratamiento pre y post natal para la discapacidad intelectual o de aprendizaje.**

#### 4.2.8

### Salud mental: nueva concepción y tratamientos

Uno de los ejes fundamentales de la investigación actual en neurociencia es la salud mental. Cuestiones como por qué una misma enfermedad puede tener síntomas tan diversos, qué tratamiento es mejor dependiendo de las características personales de cada paciente o por qué las conexiones cerebrales son diferentes dependiendo de cada trastorno están aún sin resolver. Sin embargo, los expertos están de acuerdo en que este va a ser uno de los campos en los que más se avance en los próximos años a medio y largo plazo.

Concretamente, apuestan porque se desarrollarán tratamientos que no sean tan invasivos para desórdenes relacionados con el sistema nervioso central, como la depresión o el trastorno bipolar. Es decir, la tecnología facilitará que se puedan crear dispositivos que permitan tratar estas enfermedades de forma menos invasiva a como se hace actualmente. Una de las claves para poder desarrollar técnicas y tratamientos nuevos es seguir investigando y que aumente el grueso de conocimiento actual. Los expertos auguran que, para 2026, mejorará la comprensión de la base neuronal implicada en las enfermedades mentales, lo que facilitará desarrollar neuroterapias para que los pacientes puedan desaprender esos comportamientos. Al saber más sobre el funcionamiento neuronal, se podrá aplicar este conocimiento al desarrollo de tratamientos novedosos.

- **La tecnología facilitará tratar las enfermedades mentales de forma menos invasiva**

Aun así, a pesar de los avances, es necesario ser consciente de que diez años es un periodo muy corto de tiempo para hacer predicciones tajantes y lo más probable es que para 2030, las enfermedades psiquiátricas o relacionadas con el desarrollo neurológico aún no estarán curadas. Aún falta un largo camino por recorrer para alcanzar esa meta, pero todos los pasos que ya se están dando acercan a los expertos. Uno de ellos, que también está cada vez más cerca, es el de concebir la salud mental al mismo nivel que la salud física.

A día de hoy, todavía hay cierto tabú en torno a las enfermedades mentales y muchos pacientes pueden sentirse estigmatizados por sufrirlas, sobre todo en entornos laborales o sociales que van más allá de la familia o grupos de confianza. Pero los expertos aventuran que esta situación irá cambiando poco a poco y que quienes sufren enfermedades mentales podrán funcionar en sociedad de una forma más natural porque el resto los aceptará con la misma naturalidad con que se acepta a día de hoy cualquier dolencia física.



# Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a **D<sup>a</sup> María Victoria Sanchez Nadal**, periodista y autor de este informe, donde se plasman el análisis y recomendaciones de los expertos del Future Trends Forum sobre esta tendencia.

Nuestro agradecimiento a todos los miembros del Future Trends Forum (FTF) asistentes a la XXXI reunión, y a los colaboradores en la organización y metodología de la reunión del Future Trends Forum:

**Christopher Meyer**



**Garrick Jones**  
**Clemens Hackl**  
**Keisha Ferrell**

Y por último, agradecer el compromiso del equipo de la Fundación Innovación Bankinter en nuestra misión de potenciar la innovación en nuestra sociedad:

**Fundación Innovación  
Bankinter**

**Juan Moreno Bau**  
**Marce Cancho**  
**María Teresa Jiménez**  
**Raquel Puente**  
**Carmen Mojón Nestares**  
**Nerea Igoa**  
**Jose Carlos Huerta**  
**Javier Megias**

Las opiniones expresadas en este informe son del autor y no reflejan la opinión de los expertos que participaron en la reunión del **Future Trends Forum**.

# Ponentes y Asistentes

## Charles Bolden

Exadministrador de la NASA, Presidente de The Bolden Consulting Group LLC y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## David Bueno

Doctor en Biología y Profesor de Genética en la Universidad de Barcelona. Director de la Cátedra de Neuroeducación UB-EDU<sup>1</sup>ST

## Dongmin Chen

Decano de la Escuela de Innovación y Emprendimiento de la Universidad de Pekín y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Antonio Damasio

Profesor de Neurociencia de la Universidad del Sur de California y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Hanna Damasio

Profesora de Neurociencia y Director del Centro Dornsife de Neurociencia de la Universidad del Sur de California

## Gustavo Deco

Profesor del Instituto Catalán para la Investigación y Estudios Avanzados (ICREA) y Director del Centro de Cognición y Cerebro (CBC) de la Universidad Pompeu Fabra de Barcelona

## Javier DeFelipe

Profesor en el Instituto Cajal (CSIC) y Líder del Proyecto Cajal Blue Brain

## Mara Dierssen

Científica del Centro de Regulación Genómica (CRG) y Líder del Laboratorio Celular y Sistemas Neurobiológicos del CRG

## Pere Estupinya

Presentador y Director del Programa de TVE: "El Cazador de Cerebros"

## Alvaro Fernandez

CEO y Editor Jefe de SharpBrains y Miembro del Consejo Global de Neurotecnología en el World Economic Forum

## Alex Fornito

Codirector del Brain, Mind and Society Research Hub y Director de la Division de Investigación Cerebral del Head of the Brain Research Division en Instituto Turner para el Cerebro y la Salud Mental de Australia

## Ricardo Gil da Costa

CEO de Neuroverse, Inc.

## Walter Greenleaf

Experto en Realidad Aumentada Médica del Laboratorio de Virtual Human Interaction Lab de Stanford

## Sean Hill

Director del Centro de Neuroinformática Krembil y Científico del Centro para Adicciones y Salud Mental (CAMH) en Suiza

## Ng Wai Hoe

Director Médico del Instituto Nacional de Neurociencia de Singapur

## Mustafa Husain

Profesor de Psiquiatría Neurológica y Director del Área de Psiquiatría Geriátrica del Centro Médico del Suroeste de la Universidad de Texas en Dallas

## Matthew Hutson

Escritor de Ciencia y Tecnología

## Richard Kivel

Director General de GrayBella Capital y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Julia Li

Fundador y CEO de HCD Learning

## Juan Carlos Lopez

Fundador de Haystack Science

## Manuel Lopez-Figueroa

Director General de Bay City Capital

## Michel Maharbiz

Fundador y Co-CEO de Iota Biosciences

## Emilio Méndez

Director del Departamento de Ciencia y Tecnología de la Energía del Brookhaven National Laboratory y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Javier Minguez

Cofundador y CSO de Bitbrain

## Roland Pochet

Secretario General del Consejo Belga del cerebro

## Miri Polachek

CEO de Joy Ventures. Israel

## Amanda Pustilnik

Profesor en la Escuela de Derecho Francis King Carey de la Universidad de Maryland

## Rodrigo Quián Quiroga

Director del Centro de Sistemas de Neurociencia de la Universidad de Leicester

## Eden Shochat

Socio de Aleph y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Didier Stricker

Profesor en la Universidad de Kaiserslautern y Director Científico del Instituto Alemán para la Investigación de la Inteligencia Artificial

## Tan Chin Nam

Exsecretario General de Singapore y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Stephen Trachtenberg

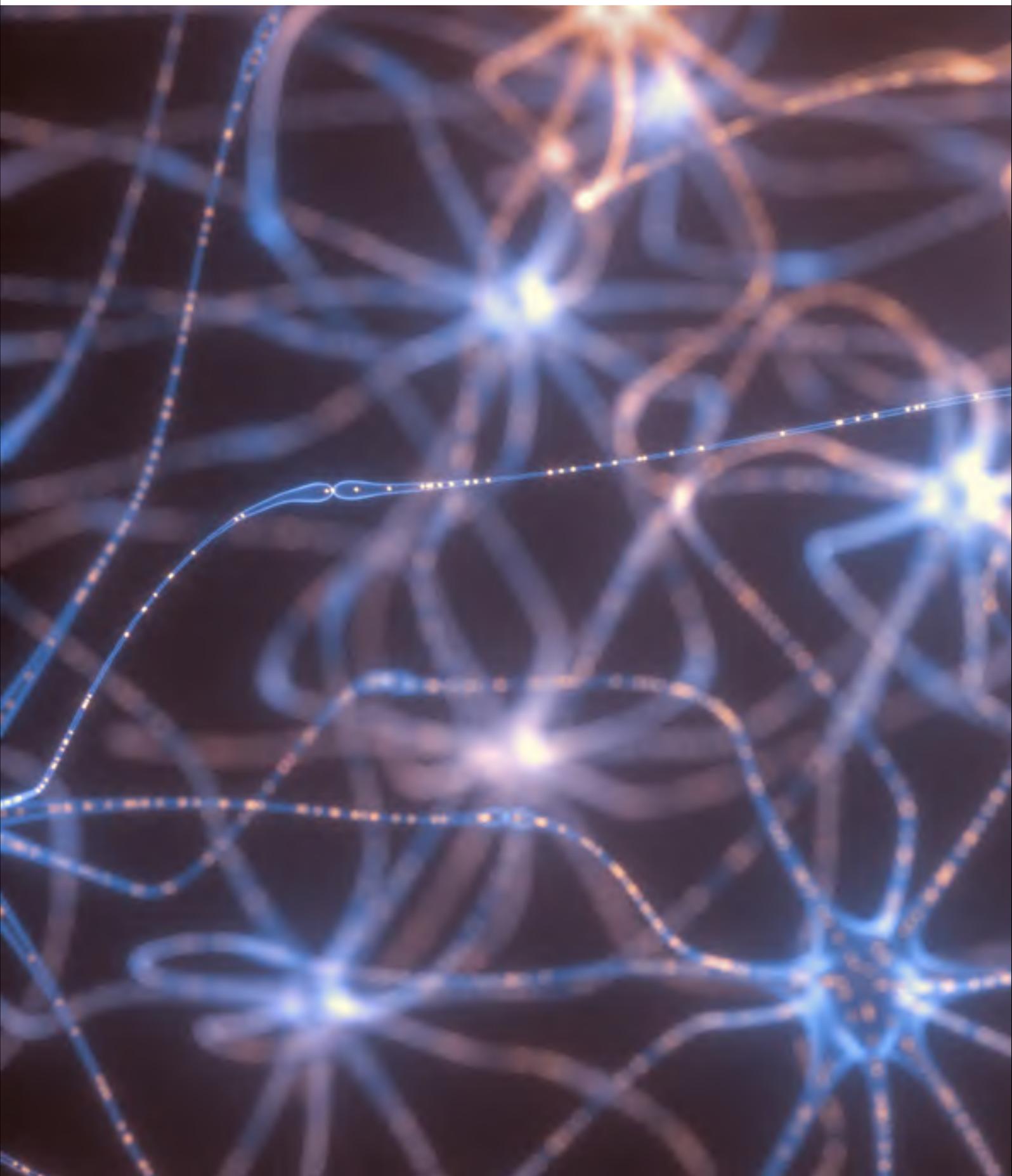
Presidente Emérito de la Universidad George Washington y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

## Manos Tsakiris

Profesor en el Departamento de Psicología de la Royal Holloway de la Universidad de Londres, Líder del Laboratorio de Action & Body y Cofundador del Proyecto INtheSELF

## Wilfried Vanhonacker

Cofundador y Exdecano de CEIBS (Shanghai) y MSM Skolkovo (Moscú). Patrono de la Fundación Innovación Bankinter



**Fundación Innovación Bankinter**

Paseo de la Castellana 29  
28046 Madrid

-  FundacionBKT
-  Fundación Innovación Bankinter
-  Fundación Innovación Bankinter
-  Fundación Innovación Bankinter
-  fibankinter