

Neurociencia: Más allá del cerebro

■ Neurociencia

P.02

■ Acercar la
neurociencia

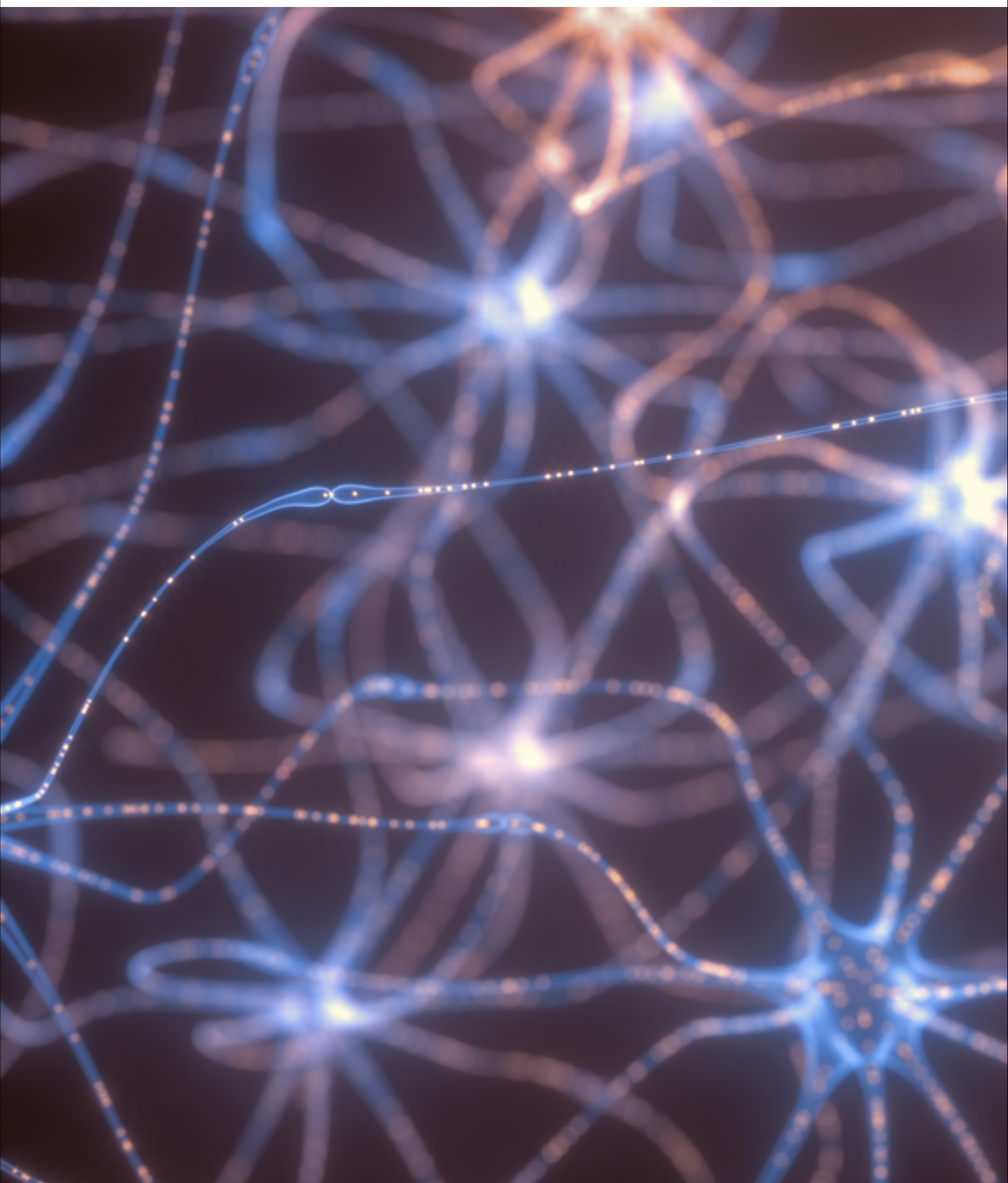
P.09

■ Tecnologías
punteras

P.14

■ El futuro de la
neurociencia

P.17



Índice

01					
	Neurociencia	03		Tecnologías punteras	14
1.1	Más allá del cerebro	03	3.1	Inteligencia Artificial	14
1.2	Conexiones: la base del funcionamiento neuronal	04	3.2	Interfaces cerebro-máquina	15
1.2.1	Los patrones de conexión	04	3.3	Realidad virtual	15
1.2.2	La neurona Jennifer Aniston	05	3.4	Wearables	16
1.2.3	La tecnología que hace posible la observación del cerebro	06	3.5	Máquinas que sienten	16
1.3	La salud mental	06			
1.3.1	Perspectivas de futuro	07			
1.3.2	Coste de las medicinas	07			
02			03		
	Acercar la neurociencia	09		El futuro de la neurociencia	17
2.1	Dispositivos	09	4.1	Lo que las empresas traerán	17
2.2	Implicaciones legales	09	4.2	Un futuro alentador	18
2.3	Aplicaciones en la sociedad	10	4.2.1	Evolución en las técnicas de neuroimagen	18
2.3.1	Neurociencia en las aulas	10	4.2.2	Un tratamiento diferente para cada persona	18
2.3.2	Neurociencia en el trabajo	11	4.2.3	Más conocimiento, mejoras para todos	18
2.3.3	Neurociencia en las áreas de negocio de las empresas	11	4.2.4	Humanos mejorados	18
2.3.4	El día a día en enfermedades mentales	12	4.2.5	Cada vez más cerca de una regulación	18
			4.2.6	Cuidado de la salud a través de dispositivos	19
			4.2.7	Curar enfermedades incurables	19
			4.2.8	Salud mental: nueva concepción y tratamientos	19

01

Neurociencia

¿Qué es exactamente la neurociencia? 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"*. Si vamos un poco más al detalle, podríamos decir que la neurociencia *"surge con el objetivo de comprender el funcionamiento y la estructura del sistema nervioso desde distintas aproximaciones, mediante metodologías y técnicas diversas"*.

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. 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. 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.

■ ¿Qué es la neurociencia?

1.1

Más allá del cerebro

Tradicionalmente, esta ciencia se ha estudiado poniendo al cerebro en el centro. Pero hay neurociencia más allá del cerebro. 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, **Antonio 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 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**, periodista de la revista *Science*.

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 comunicaban estableciendo una especie de red de conexiones, lo que lo convirtió en el primer español en recibir un premio Nobel de Medicina en 1906.

Decenas de años después, la investigación en neurociencia nos ha llevado a descubrir su morfología, sabemos que tienen núcleo, dendritas y un axón y hemos visto al detalle cómo se comunican entre ellas. 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**, profesor de Neurociencia y Psicología en la Universidad de Monash, en Melbourne (Australia), desempeña gran parte de su trabajo precisamente intentando responder a esta pregunta. 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 el mapa de las conexiones en el cerebro

"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".

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*.

Los *hubs* de cada módulo están conectados entre sí, 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 claves para la comunicación de distintas áreas cerebrales. Pero también son los puntos del cerebro que más consumen y los más 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.*

1.2.1

Los patrones de conexión

La aproximación propuesta por **Sean Hill**, director del Krimble Center for Neuroinformatics en Toronto (Canadá) y colaborador del proyecto Blue Brain, permite 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 tiene como objetivo descifrar y estudiar en detalle las estructuras cerebrales. Para ello, están desarrollando una simulación de todo el órgano y 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.

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.

Para ejemplificar la utilidad de estos avances, Hill 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. 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"*.



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 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

1.2.2

La neurona Jennifer Aniston

Desde hace 15 años, **Rodrigo Quian** director del Centro de sistemas de Neurociencia y al frente del departamento de Bioingeniería de la Universidad de Leicester, observa el comportamiento de neuronas individuales y grupos de neuronas asociadas. Enseña fotografías a los pacientes y descubre que un grupo de neuronas responde solo ante fotografías de Jennifer Aniston. Y, de la misma manera, encuentra otra que responde a Halle Berry, otra a Luke Skywalker, otra a la Ópera de Sydney, otra a Maradona, etc.

Con esto, Quian defiende que hay neuronas en el cerebro humano que responden a conceptos y que lo hacen independientemente del contexto. 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.

"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. “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

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. 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.

¿Cuáles son los usos de todas estas técnicas?

Principalmente, se utilizan para el diagnóstico clínico y para la investigación. Ng Wai Hoe, director médico del Instituto Nacional de Neurociencia de Singapur y presidente académico del programa de Neurociencia, explica que las técnicas de neuroimagen son muy útiles a la hora de examinar el envejecimiento y la neurociencia de rehabilitación.

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. *“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. Esta investigación les puede ayudar a designar el paciente idóneo para una terapia 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”.*

■ Obtendremos información valiosa, detallada y rigurosa del cerebro

1.3

La salud mental

“La depresión ya es una de las principales causas de discapacidad no solo en los Estados Unidos, sino en todo el planeta”, explica Mustafa Husain, profesor de psiquiatría, neurología y medicina. 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. 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.

Según algunos investigadores, los signos más tempranos de la enfermedad de Alzheimer aparecen en torno a 20 años antes de la manifestación de la enfermedad. ¿Cómo se puede diseñar un estudio clínico que ayude a estos pacientes? 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"*.

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. 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.



¿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.

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"*.

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"*, 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.

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.

■ El futuro de la salud mental es alentador

1.3.2

Coste de las medicinas

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.

1. Personalización de los tratamientos. No hay un único tipo de diabetes; 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.
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.
3. La regulación. Esta cuestión está relacionada con la normativa, con cómo llevar estos productos al mercado. *"El proceso regulatorio para sacar el producto al mercado es diferente si se dice que cura el Alzheimer o si asegura que simplemente hace sentir mejor a los pacientes".*
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. *"Si sacamos algo que es un poco mejor, pero mucho más caro, no va a funcionar".*
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.



02

Acercar la neurociencia

2.1

Dispositivos

Sacar la neurociencia 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. *"Para entender el cerebro, intentar gestionar la salud mental y realizar tareas de prevención y averiguar cómo monitorizar, tratar y curar las patologías progresivas es necesario salir del laboratorio"*, asegura **Ricardo Gil Da Costa**, neurofisiólogo cognitivo.

Pero 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. También es necesario pensar en formas en las que se puede integrar en nuestra vida diaria, 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.

- Sacar esta ciencia del laboratorio y acercarla a la sociedad

2.2

Implicaciones legales

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. 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.

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

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. 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 **Amanda Pustilnik**.

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. 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 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.

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

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

"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. 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. 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. 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.

Pero la información que podemos obtener del estudio del cerebro es también importante para las cuestiones éticas. Si tenemos en cuenta que hay diferencias, observamos que el mismo sistema de enseñanza no es igual de útil para todos los alumnos. 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.

2.3.2

Neurociencia en el trabajo

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

Aplicar los conocimientos que tenemos sobre neurociencia 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). Este síndrome está asociado al estrés crónico en el trabajo, se caracteriza por una despersonalización de las tareas, un desgaste emocional y físico y bajo rendimiento. Distintas investigaciones en neurociencia han demostrado que los estados de ánimo se contagian cuando compartimos espacio y experiencias durante mucho tiempo.



Estas investigaciones 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.

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. 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.

Neuromarketing

Se trata de la neurociencia aplicada al estudio y análisis del comportamiento de los consumidores. 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 objetivo es tratar de comprender cómo el cerebro se activa ante los estímulos generados por las técnicas del marketing. 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.

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.

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

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. 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.

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.

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.

Todavía nadie ha escrito un decálogo indiscutible 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. 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.

2.3.4

El día a día en enfermedades mentales

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 foro *The Next Brain* aventuran cómo podría cambiar un día en la vida de un paciente con esquizofrenia, Alzheimer o síndrome de Down.

Intervención temprana para pacientes con esquizofrenia.

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"*. Y, según anticipan los expertos, los medicamentos de mejora cognitiva podrían ayudarles a concentrarse mejor. 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.

Más integración para alguien con síndrome de Down.

Según la opinión de los expertos, las neurotecnologías podrán ayudar especialmente a aquellas personas cuyas capacidades, a día de hoy, 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.

Nuevos tratamientos para pacientes con Alzheimer.

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. También 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.

03

Tecnologías punteras

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. Los expertos del Foro *The Next Brain* hacen referencia al progreso de las herramientas para estudiar y analizar los datos neurocientíficos.

Aunque pueden tratarse de forma separada, todas estas disciplinas están relacionadas y su estudio se entremezcla. Cada una de estas tecnologías tiene un gran potencial para detectar y tratar enfermedades o mejorar las habilidades de personas sanas.

severidad de las crisis. Esto es posible gracias al internet de las cosas, pero añadiendo Inteligencia Artificial a la ecuación, el dispositivo puede aprender de cada paciente en concreto.

3.1

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, asegura que **"conforme más datos recopilamos, más podremos personalizar los tratamientos de los pacientes"**. Da Costa pone como ejemplo un caso práctico. En una migraña él y su equipo han sido capaces de saber cuándo se iban a manifestar los primeros síntomas, lo que hace que se pueda actuar antes y se reduzca la duración y



Ng Wai Hoe, director médico del Instituto Nacional de Neurociencia de Singapur, está trabajando con un grupo de investigación que utiliza la Inteligencia Artificial y el aprendizaje automático para 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.

- La IA permite encontrar patrones y relaciones entre los datos que un humano a simple vista no percibe

3.2

Interfaces cerebro-máquina

Una de las tecnologías punteras más prometedoras en el ámbito de la neurociencia son las interfaces cerebro-máquina. 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 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. Para intentar aportar su granito de arena, **Michel Maharbiz**, profesor en la Universidad de California-Berkeley, y **Jose Carmena**, profesor de ingeniería electrónica y neurociencia en la misma universidad, han desarrollado el "**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.

Hay aplicaciones para estas interfaces que van más allá de las intervenciones concretas en la salud médica. *"Podemos descubrir 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.

- Un dispositivo que se basa en la adquisición de ondas cerebrales para luego ser procesadas e interpretadas por una máquina u ordenador

3.3

Realidad virtual

La realidad virtual es popularmente conocida por sus aplicaciones en el entorno del entretenimiento. Hasta ahora, hay distintos proyectos que están desarrollando programas para aplicar esta tecnología en centros de salud y hospitales. Algunos tienen el objetivo de mejorar la atención psicológica tanto de los familiares como de los menores trasplantados durante todo el tratamiento, otros la utilizan en la rehabilitación de pacientes con esclerosis múltiple.

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. También trabaja como desarrollador de productos médicos, intentando trasladar algunos de los resultados neurocientíficos básicos a los nuevos productos. *"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"*, cuenta. Las aplicaciones de esta tecnología para ayudar en la recuperación de los pacientes son múltiples.

3.4

Wearables

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. Toda la información que recopilan sus equipos de trabajo se puede trasladar a dispositivos *wearables* que sirven para, por ejemplo, entender cómo se mueven los pacientes. *"¿Cómo conseguimos esa información y cómo podemos deducir las intenciones de una persona? Hemos desarrollado varias técnicas"*, explica. *"Ponemos sensores corporales e intentamos capturar el comportamiento de las personas"*. *"Capturamos su experiencia o habilidades y las digitalizamos, con lo cual tenemos muchísimos datos"*, cuenta Stricker. 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"*. Este sistema se puede definir como un conjunto de sensores de emociones ya que pueden capturar la intención, la reacción y el estado emocional.

- Este sistema se puede definir como un conjunto de sensores de emociones que capturen la intención, la reacción y el estado emocional

3.5

Máquinas que sienten

- Desarrollar máquinas que sean capaces de sentir, de tener sentimientos y, por lo tanto, de tener conciencia

Las propuestas más innovadoras respecto a la Inteligencia Artificial 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. **Antonio Damasio**, profesor de neurociencia en la Universidad del Sur de California, trabaja en su idea de desarrollar máquinas que sean capaces de tener sentimientos y, por lo tanto, conciencia.

Damasio apuesta por el desarrollo de robots blandos con una gran capacidad intelectual. Así se debilita el diseño y crea vulnerabilidad y riesgo esperando que desarrolle sentimientos y conciencia, pero, sobre todo, la sensación de riesgo para sí mismas. 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. Uno de los ejes básicos sobre los que pivota esta propuesta es el concepto de conciencia. **Manos Tsakiris**, profesor de psicología de la Universidad de Londres, 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. 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. La pregunta es cómo afecta esta conciencia de nosotros mismos al cerebro.

04

El futuro de la neurociencia

4.1

Lo que las empresas traerán

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. 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.

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

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.

Un 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. 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. 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.



4.2

Un futuro alentador

¿Cómo los avances en el estudio de la neurociencia podrán cambiar nuestra vida de aquí a 10 años? Los expertos reunidos en el Future Trends Forum se sitúan en 2030 para visualizar distintos escenarios posibles:

4.2.1

Evolución en las técnicas de neuroimagen

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. Esto permitirá profundizar en distintas enfermedades y desentrañar el funcionamiento de procesos mentales como la memoria o el sueño.

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

4.2.2

Un tratamiento diferente para cada persona

Si hay un ámbito en el que la personalización es tan importante que puede salvar vidas es en el de la salud. 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. Próximamente veremos cómo se desarrollan herramientas tecnológicas para predecir enfermedades, lo que facilitará poder manejarlas mejor.

- 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. Relacionado con el desarrollo del conocimiento está la idea que, de aquí a 2030, el trabajo que ahora se hace presencial será cada vez más online y el tiempo para sacarse una carrera podrá reducirse a un año. Para entonces, el 90% de la población mundial tendrá acceso a internet, lo que podría contribuir a ese avance.

4.2.4

Humanos mejorados

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. La comunicación aumentada y los dispositivos inteligentes contribuirán a reducir la sensación de soledad y a aumentar la autonomía de las personas con discapacidades.

- 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. 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

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.

4.2.7

Curar enfermedades incurables

"Es un hecho que hay muchas patologías humanas 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", asegura **Antonio Damasio**. 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.

4.2.8

Salud mental: nueva concepción y tratamientos

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 por que se desarrollarán tratamientos que no sean tan invasivos para desórdenes relacionados con el sistema nervioso central. Los expertos auguran que, para 2026, mejorará la comprensión de la base neuronal implicada en las enfermedades mentales. 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.



Agradecimientos

Nuestro agradecimiento a **D^a 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-EDU¹ST

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 Word 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 Quian 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

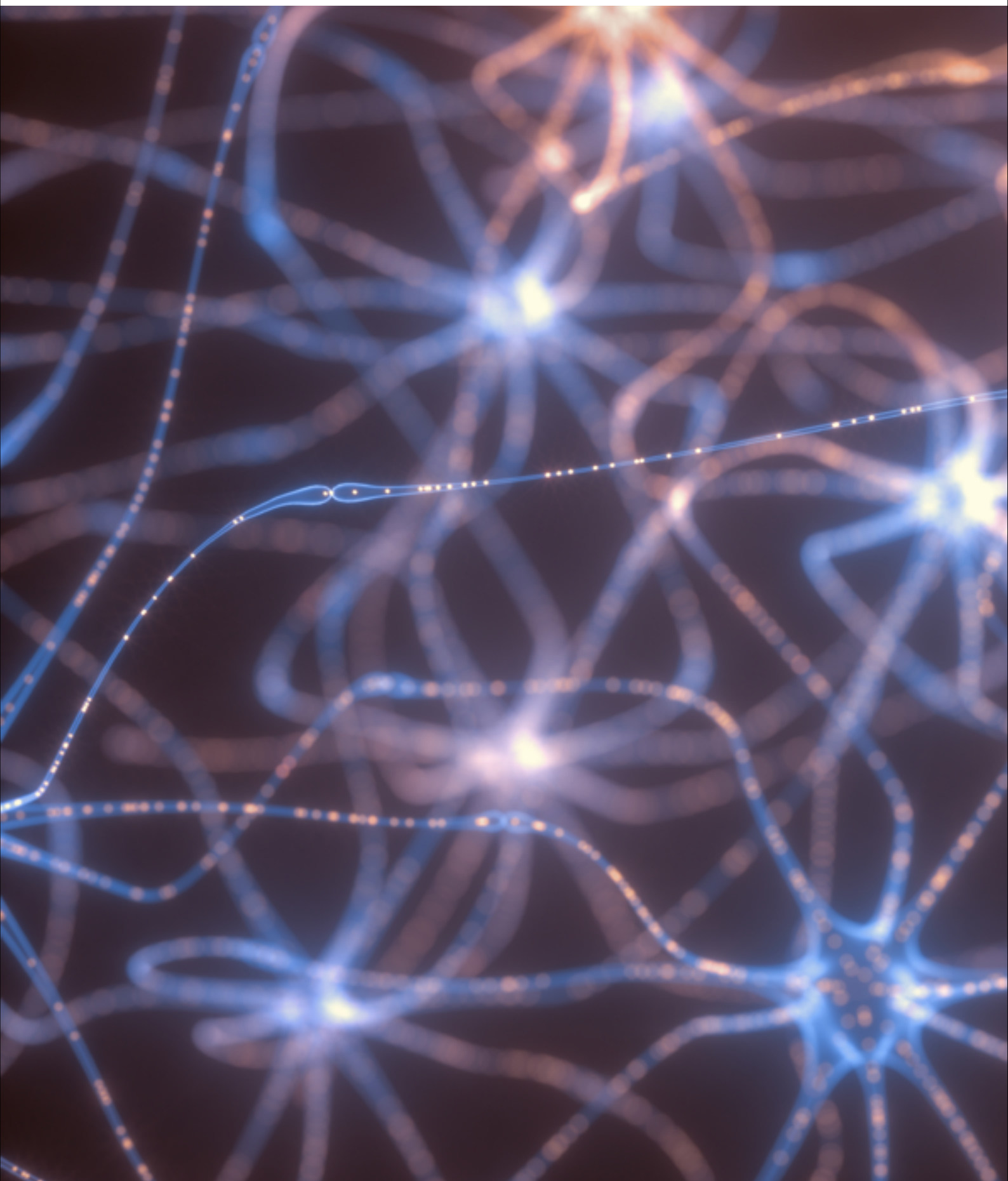
Presidente Emérito de la Universidad George Washington y Patrono de la Fundación Innovación Bankinter

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