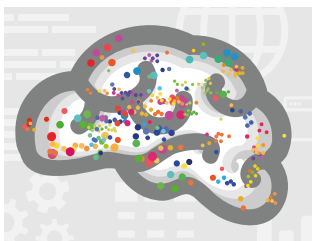


Las nuevas Neurotecnologías y su impacto en la Ciencia, **MEDICINA Y SOCIEDAD**

Por RAFAEL YUSTE

Columbia University, Nueva York



Los recientes avances en Neurotecnología e Inteligencia Artificial (IA), impulsados por el esfuerzo científico mundial, que ha dado como resultado la creación de las Iniciativas del Cerebro Internacional, y por el desarrollo de cada vez más potentes redes neuronales por la industria tecnológica, están permitiendo rápidamente un mayor acceso a la información acumulada en cerebros de animales y personas. Estas nuevas Neurotecnologías, podrían marcar el comienzo de una revolución en la neurociencia, permitiéndonos descifrar las bases científicas de nuestras mentes y facilitar la comprensión y el tratamiento novedosos de las enfermedades mentales y neurológicas. Pero al mismo tiempo, estas tecnologías, combinadas con la IA, podrían usarse para descifrar y manipular procesos mentales y para aumentar cognitivamente a las personas conectándolas a las interfaces cerebro-computadora, alterando lo que significa ser humano. Yuste aboga por añadir cinco nuevos derechos humanos (“los Neuroderechos”) a la Declaración Universal de Derechos Humanos para garantizar que esta nueva revolución tecnológica sea canalizada en beneficio de la Humanidad.

Físicos, ingenieros, químicos, matemáticos, son los que están de verdad cambiando el estudio del sistema nervioso

Los neurobiólogos llevan más de 100 años intentando descifrar los circuitos neuronales que generan la actividad mental y, en general, el comportamiento. Debido a su complejidad aún no hemos podido descifrar el cerebro. Ni siquiera Santiago Ramón y Cajal, cuyo objetivo en la vida fue entender las bases físicas de la inteligencia. En sus memorias deja escrito que la corteza del cerebro, que es la parte mayor del cerebro en los mamíferos y es donde se generan las actividades mentales y cognitivas, es esencialmente lo que genera la mente humana. Esta corteza, decía Cajal, son las selvas impenetrables donde muchos investigadores se han perdido. Incluso, el propio Cajal consideraba que se había perdido en esas selvas intentando descifrar la maraña de conexiones y de neuronas. Alrededor de 85.000 millones de neuronas. Cada una conectadas con otras. Es un sistema tan enorme en términos numéricos como todo el Internet humano. Desde la época de Cajal se piensa que estas células tienen tantas neuronas y tantas conexiones que vamos a tardar muchísimo tiempo en descifrarlas.

Hace 130 años, Cajal propone la llamada Doctrina Neuronal, en la que establece que la neurona individual es la unidad de la estructura del sistema nervioso. Charles Scott Sherrington, fisiólogo contemporáneo de Cajal trasladó esta teoría a la fisiología y estableció que la unidad de la función del sistema nervioso es la neurona individual. La Teoría Neuronal de Cajal y Sherrington les hizo ganar el Premio Nobel y supuso el surgimiento de la neurología moderna, la anatomía y la electrofisiología.

Llevamos cien años intentando entender cómo funciona el cerebro. Registramos la actividad de neuronas individuales y correlacionamos la actividad de estas neuronas de una en una con el comportamiento de un animal o los estados mentales de un paciente. Pero intentar entender el cerebro mirando las neuronas una a una es como intentar ver una pantalla de televisión mirando un pixel. Por mucho que se mire un pixel, nunca dará información para saber qué es lo que ocurre en la pantalla de televisión. Lo que importa, realmente, son las imágenes, la unidad funcional de la película que se fabrica con correlaciones en el espacio y en el tiempo y en el color de los píxeles. Es lo que los científicos llamamos una propiedad emergente. La propiedad emergente es precisamente lo que tienen todos los píxeles juntos. Son las correlaciones entre los píxeles los que definen la imagen y la función de la televisión. Las propiedades emergentes están por todas partes, como en el magnetismo. Si se rompe un imán en átomos individuales, los átomos no son magnéticos, pero si los juntas, el sistema se vuelve magnético porque los átomos interaccionan entre sí.

Las relaciones humanas también son propiedades emergentes. ¿Qué es la democracia? Es una propiedad emergente. Un ciudadano individual no es democracia. Es necesaria la existencia de muchos ciudadanos. Es la interacción entre ciudadanos lo que la genera. ¿Y qué ocurriría si en el cerebro lo que hacemos es fabricar propiedades emergentes? Esta es la gran pregunta que se hizo uno de los estudiantes más aventajados de Ramón y Cajal, Rafael Lorente de No, quien consideraba que



el problema para descifrar los misterios del cerebro no era un problema de neuronas, si no de circuitos, de sistemas de neuronas, porque al mirar cualquier tejido cerebral, la corteza cerebral, por ejemplo, se ve que tenemos millones de neuronas conectadas todas entre sí. Para fabricar propiedades emergentes es necesario fabricar sistemas con muchísimos componentes y relacionarlos todos unos con otros, y eso es precisamente el diseño de todos los sistemas nerviosos. Y según se avanza en la evolución, los sistemas nerviosos se hacen todavía más complejos. Lo cual significa que las propiedades emergentes son cada vez más sofisticadas. Entonces la gran sospecha es que nos estamos dando de bruces con una propiedad emergente, y si intentas entender una propiedad emergente mirando a las unidades de una en una, nunca lo vas a entender.

Desde Lorente de No hay una corriente científica que mantiene que para entender el cerebro no se puede mirar las neuronas de

una en una. Tenemos que ver la pantalla entera de televisión para que alguien por primera vez se entere de cuál es la película que está poniendo en el cerebro. Esta película no es baladí. Es absolutamente necesario entender qué ocurre para poder ayudar a los pacientes. Pero todavía más importante. Los humanos nos definimos a nosotros por nuestras actividades cognitivas. Somos una especie mental. Nuestra esencia es la mente, y la mente humana es el resultado de la interacción entre neuronas. Si entendemos esto, vamos a entender la mente humana por primera vez, vamos a entendernos a nosotros mismos. ¿Cómo podemos ver la pantalla de televisión de un cerebro? Mirando la actividad de todas las neuronas, mirando todos los píxeles a la vez. ¿Esto cómo se puede hacer? Es complicado. Necesitamos técnicas que no alteren la composición del tejido. Estamos hablando de un tejido con unas propiedades experimentalmente muy difíciles, con muchísimas neuronas, en tres dimensiones y todas apretujadas

La interfaz cerebro-computadora puede estimular los circuitos neuronales de las personas y esto se utiliza por ejemplo en pacientes de Parkinson y de depresión

unas con otras. Este problema nos llevó a proponer el proyecto de cerebro, desarrollar nuevas técnicas para mapear la actividad completa de tejidos neuronales, de cerebros enteros de animales pequeños, de animales de laboratorio, o trozos enteros de cerebro de un paciente, y mapear esta actividad para ver qué tipo de propiedades emergentes tienen estos circuitos.

Así comenzó el proyecto *Brain Activity Map*, un proyecto con tres objetivos.

El proyecto *Brain Activity Map*

El primer objetivo era desarrollar técnicas para medir la actividad de estos circuitos y ver la televisión. El segundo es el desarrollo de técnicas para alterar la actividad de estos circuitos porque a los pacientes no les va a ayudar nada si podemos diagnosticarles el problema con una precisión increíble, pero no podemos entrar allí y retocar las conexiones averiadas y cambiarles la actividad para encauzar la actividad cerebral anormal, que es seguramente la base de la fisiopatología de las enfermedades mentales. Como médicos tenemos la obligación de entrar ahí y cambiar las cosas, de manipular estos circuitos. El tercer objetivo es analizar los datos computacionalmente, y estamos hablando de datos de millones de neuronas que cambian con una velocidad de milisegundos. Esto es un gran problema y precisamente por eso las propiedades emergentes se entienden tan poco, porque es uno de los problemas más difíciles de la Ciencia, no solo en biología sino en química, en física, en astronomía, en todos los campos científicos.

Necesitamos abordajes matemáticos, estadísticos, computacionales, teóricos también, en general, para poder descifrar estos patrones y averiguar cuáles son estas imágenes, que no va a ser una imagen, claro, será un montón de neuronas disparando en un patrón espacio-temporal, para poder identificarlo y empezar de nuevo la neurobiología, desde el punto de vista de grupos de neuronas, volver un poco atrás, pero empezar por otro camino.

Este proyecto del cerebro fue luego tomado como propio por el presidente Obama y se convirtió en el proyecto BRAIN. Estamos en el cuarto año de los quince que se programaron, con un presupuesto total de unos 6.000 millones de dólares. Ahora mismo, este año hay ya 500 laboratorios en el mundo trabajando en este proyecto; desarrollando técnicas para mapear; para interferir; para entender los patrones cerebrales. Este proyecto no nos va a solucionar las enfermedades mentales y neurológicas. No nos va a explicar cómo funciona la mente, pero dará herramientas para que otra gente, utilizando estas herramientas, pueda dar el siguiente paso.

La idea es empezar con animales simples. Con animales pequeños de laboratorio, como el gusano y la mosca (igual que ocurrió en el Proyecto de Genoma Humano que tuvo un gran éxito y revolucionó la biología de la medicina) e ir escalando los peldaños hasta llegar al cerebro humano y mapear la actividad completa del cerebro, por ejemplo, del paciente. Este proyecto de Estados Unidos ha dado impulso a iniciativas similares en otros países. Y ahora tenemos también la suerte



de que hay un proyecto del cerebro internacional y precisamente hace un poco más de un año firmamos la declaración de Canberra que aúna las iniciativas de cerebro de Estados Unidos, Europa, Japón, Australia, Canadá, Corea e Israel. Se trata, por tanto, de un fenómeno global que va a revolucionar la medicina con este tipo de técnicas.

Para desarrollarlas, utilizamos luz para ver las neuronas de manera no invasiva. Si dispones de los microscopios adecuados puedes ver las cosas en tres dimensiones. Somos microscopistas, como Cajal, pero utilizamos láseres ultrarrápidos; una tecnología procedente de la física. De hecho, físicos, ingenieros, químicos, matemáticos, son los que están de verdad cambiando el estudio del sistema nervioso y en cuyas manos puede estar la solución a estos problemas tan fundamentales. Con técnicas ópticas nos dimos cuenta de que podemos utilizar colorantes sensibles al calcio para teñir las neuronas vivas porque cada vez que una neurona dispara, sube la concentración de calcio en el cuerpo celular. Con lo cual, si mides el calcio, indirectamente mides si la neurona dispara o no. Ahora estamos mi-

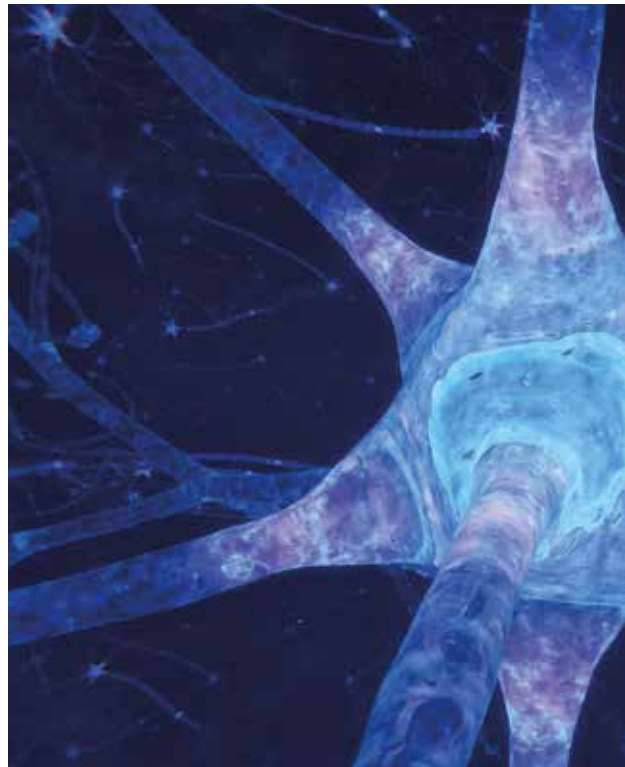
rando el calcio a 500 neuronas de la corteza visual de un ratón. Son solo 500 neuronas; y el cerebro del ratón tiene aproximadamente 100 millones de neuronas, es decir, estamos viendo sólo una esquinita de la pantalla de televisión, pero en esa esquinita las estamos viendo todas. Es la primera vez que empezamos a ver patrones de descarga neuronal en grupos de neuronas completos, en circuitos neuronales completos. Y, estamos utilizando estas técnicas de calcio para mapear la actividad cerebral sistemática de distintos animales. Hemos empezado con los más pequeños y resulta que los primeros animales que tienen cerebro son los cnidarios, como los corales, las anémonas de mar, las cidras, los hidrozooos o las medusas; son animales que tienen simetría radial y es la primera vez en la evolución que aparecen las neuronas, aparece el sistema nervioso.

Estos son los cerebros más simples. Después de los cnidarios aparecen los bilaterales, animales que tienen simetría bilateral, como nosotros. Todos los animales de laboratorio, los ratones, las moscas, los gusanos, las personas, pertenecemos a esta rama. Te-

remos un sistema nervioso más complejo que el de los cnidarios y por eso nos hemos ido a los cnidarios pues son los más básicos de todos, y con estas técnicas de imagen del calcio hemos podido registrar la actividad neuronal de todas las neuronas en un cnidario. Una hidra, por ejemplo, que es un bichito de aproximadamente un centímetro de largo, transparente, medio milímetro de grosor, que tiene alrededor de 200 a 1.000 neuronas distribuidas por todo el cuerpo, porque estos animales no tienen ni cabeza, tienen las neuronas en dos capas, una por la superficie de la piel y otra por dentro, y este tejido neuronal es el que genera la actividad neuronal con la cual estos animales se comportan. Tienen comportamientos bastante sofisticados, cazan larvas, algunos se mueven con un pie con el que dan volteretas con lo cual apoyan. Es la primera vez que alguien ve la película entera de la televisión de un animal. Lo publicamos hace un par de años y todavía no entendemos lo que significan los patrones de actividad. Esa es la mala noticia, que a pesar de que estamos viendo toda la televisión y de que no hay más neuronas, no hemos podido descifrar matemáticamente estos patrones y cómo se relacionan con el comportamiento del animal. Es un campo de desarrollo fascinante, sobre todo para las nuevas generaciones, la utilización de este tipo de herramientas para descifrar el mensaje que está escrito en estos disparos.

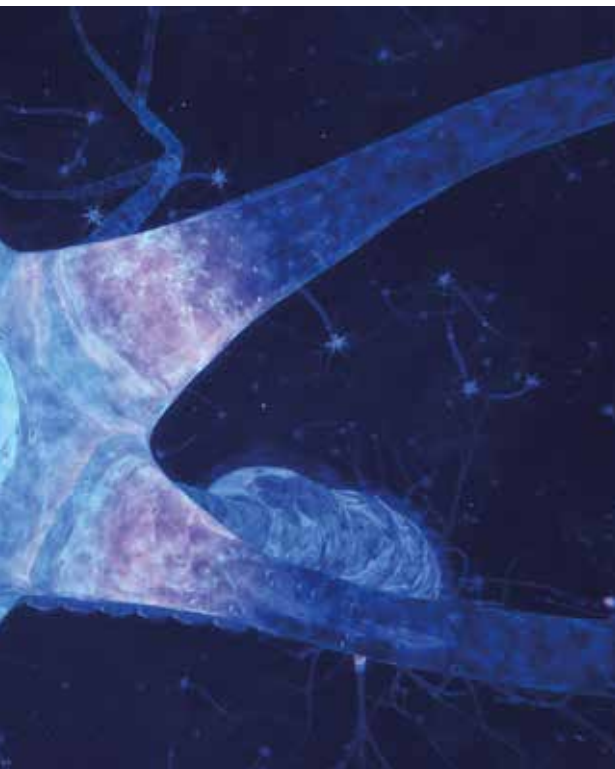
Las neuronas disparan en grupo

Hemos descubierto que la mayor parte de los disparos de las neuronas ocurre siempre en grupo. Las neuronas son como una cuadrilla de amigos que van siempre todos juntos, van en grupo, no les gusta ir solos, estas son las propiedades emergentes. Si en un animal estuviésemos registrando la actividad de una neurona sola nunca nos enteraríamos de que está disparando con un grupo de neu-



ronas, es igual que el pixel en una pantalla de televisión. Vamos avanzando con estos animales de experimentación, como los ratones. El objetivo es registrar más neuronas en tres dimensiones. Aumentar el campo de vista de este tipo de técnicas y estamos desarrollando técnicas también para controlar la actividad cerebral. Tenemos que intervenir, tenemos que meter allí nuestras técnicas y utilizamos también la luz por la misma razón, porque no es invasiva y podemos entrar en cerebros, por ahora solo en la parte superior como los primeros dos milímetros desde la corteza cerebral, justo debajo del cráneo, podemos entrar con técnicas que nos permiten disparar, encender o apagar neuronas o grupos de neuronas.

Hemos empezado a cambiar el comportamiento de ratones encendiéndoles o apagándoles los grupos de neuronas responsables de los estímulos visuales. Entrenamos al animal a hacer algo, por ejemplo, chupar una cánula



con agua o con jugo cada vez que ve un estímulo visual y vemos un grupo de neuronas que se disparan. Luego identificamos cuáles son estas neuronas y con optogenética podemos lograr, sin mostrar nada al animal, que piense que ha visto eso y chupa. Empezamos a tomar control del comportamiento del animal de una manera inteligente, estimulándole las neuronas que se disparan cuando estaba haciendo el comportamiento anterior. Eso significa que estamos empezando a romper el código neuronal, y a base de medir y modular la actividad cerebral, cambiar el comportamiento del animal. Esto ya se está empezando hacer en ratones.

Pero, ¿qué ocurre con animales más avanzados como nosotros? **John Donoghue**, director fundador del Centro Wyss para Bio y Neuroingeniería, está trabajando con una mujer parálitica, a la que le han puesto unos electrodos que registran actividades, tres neuronas en su corteza cerebral. Estos elec-

trodos están conectados a un brazo robótico a través de una computadora, una interfaz cerebro-computadora. A base de entrenarse con su pensamiento puede mover el brazo y está bebiendo por primera vez en 20 años por su propia voluntad. Estas interfaces cerebro-computadora permiten a los pacientes conectarse a una computadora y por ello conectarse también a la red. Son conexiones de ida y de vuelta, puedes registrar la actividad, como en este caso para un efecto tan increíble como que una persona parálitica pueda realizar acciones como esta, incluso andar si son piernas robóticas. La interfaz cerebro-computadora puede estimular los circuitos neuronales de las personas y esto se utiliza, por ejemplo, en pacientes de Parkinson y de depresión. Hay más de 150.000 pacientes en el mundo que tienen electrodos implantados en su cerebro como terapia para el Parkinson y la depresión, y esta terapia funciona. Ahora, no sabemos exactamente por qué funciona.

Sin duda se trata de una revolución para la medicina, para la psiquiatría, para la neurología, porque puedes entrar en estos circuitos y en un tiempo real, y empezar a mejorar los síntomas de los pacientes. Pero la tecnología que va a venir con el Proyecto del cerebro de Estados Unidos y de otros países es una tecnología muchísimo más potente. Por ejemplo, un chip que mide dos centímetros cuadrados, hecho de un material flexible de semiconductores que tiene como 100 micrones de grosor, con lo cual se puede doblar y no se rompe, y está pensado para implantarlo en pacientes, por ejemplo en pacientes ciegos con una prótesis cerebral. Con este chip, en principio, podríamos registrar la actividad de 1.000.000 de neuronas, y tiene 100.000 electrodos que los puedes utilizar para estimular, con lo cual empiezas a pensar en la posibilidad de hacer este tipo de modulación y manipulación de la actividad cerebral de una manera muchísimo más sofisticada de lo que se ha hecho hasta

ahora. Y esto es inevitable, porque necesitamos ayudar a los pacientes y tenemos el deber, la obligación de ayudarles cuanto antes.

La dimensión ética de las nuevas neurotecnologías

Estas tecnologías van a ser fundamentales para poder descifrar los problemas neurológicos mentales. Para poder entender las bases fisiológicas de la actividad mental, pero la tecnología en principio es neutra, se puede utilizar para bien o para mal, eso ocurre siempre en la humanidad. A pesar de que los que estamos desarrollando estas tecnologías lo hacemos con una vocación humanista y altruista para ayudar a las personas y entender quiénes somos, las mismas tecnologías se pueden utilizar con objetivos que quizás sean no tan altruistas. Esta reflexión nos dio pie a pensar en el problema ético y social que se genera con estas nuevas neurotecnologías. Los problemas son todavía más importantes porque la neurociencia, la neurotecnología, se está uniendo a la inteligencia artificial.

La inteligencia artificial, la base de la inteligencia artificial moderna, que está revolucionando la economía y nuestras vidas, son las redes neuronales. Las redes neuronales se llaman neuronales porque están basadas en la neurociencia, están basadas en modelos matemáticos de los circuitos neuronales. La inteligencia artificial se nutre de la neurociencia y también revierte a la neurociencia. Las interfaces cerebro-computadora utilizan algoritmos de inteligencia artificial para decidir qué es lo que la persona quería hacer. Igual que tenemos el autocompletado en el procesador de texto, que adivina la palabra que estás escribiendo, estos algoritmos adivinan la intención de la acción y la completan, con lo cual es muy bueno desde un cierto punto de vista pero, desde otro, también empiezan a tomar control sobre la decisión. Son pro-

blemas éticos de gran profundidad, porque pueden alterar la base de lo que es el ser humano. Motivados por esta preocupación por los problemas éticos, reunimos en Columbia un grupo de veinticinco personas, el Grupo de Morningside, porque Morningside es el nombre del campus de Columbia, donde trabajo.

Los neuroderechos

La gente tiene distintas creencias religiosas, pertenecen a culturas distintas, pero en la Carta de las Naciones Unidas están reflejados los derechos humanos, y esto es algo que prácticamente todos los países y prácticamente todos los humanos lo asumen como propio. En nuestro Grupo de Morningside pensamos que la mejor manera de asumir este desafío de las nuevas tecnologías y la inteligencia artificial cuando se aplican a las sociedades modernas, es añadir a esta Carta cinco derechos humanos nuevos, los que llamamos los "neuroderechos".

Estos derechos protegen a la ciudadanía de situaciones que hasta ahora en la historia nunca habían ocurrido. El primero sería el derecho a la privacidad mental. Todos tenemos muy presente el problema que tenemos con la privacidad de los datos, por ejemplo, en nuestros teléfonos móviles, pero antes o después vamos a descifrar los patrones cerebrales y vamos a poder entender el pensamiento de las personas. Esto no es ciencia ficción, esto se empieza a hacer ya y, de hecho, las compañías tecnológicas están muy interesadas en utilizar estas tecnologías. Por ejemplo, Facebook tiene un programa de unos 40 millones de dólares para conseguir con electrodos que no sean invasivos poder poner en texto lo que estás pensando, para no tener que utilizar los dedos. Pero eso significa que puedes descifrar lo que uno está pensando. Esto es una privacidad mucho mayor que la privacidad de datos, porque los pensamientos, la actividad mental define quiénes somos. Esto es la máxima pri-

vacidad que existe, quiénes somos, y el problema es aún peor, porque se puede descifrar lo que tenemos dentro, el subconsciente, y lo que no sabemos que pensamos. Esta es una situación que debe tener su propio derecho humano universal, el derecho a la privacidad mental, el derecho a que no se pueda comerciar con los datos mentales, que haya una barrera, que todo lo que tenga que ver con privacidad mental sea intocable.

Relacionado con este tema, con las interfaces cerebro-computadoras, está el libre albedrío, y esto está relacionado también con la idea de identidad. Si en un futuro estamos conectados a computadoras con sistemas que no sean invasivos, y ahora mismo hay docenas de compañías en Silicon Valley que están desarrollando estos sistemas, sin necesidad de meter electrodos dentro del cerebro de la gente, registrar la actividad y conectarlas a una computadora para que estas personas tengan acceso a la información; en este caso los algoritmos pueden influir en la toma de decisión de las personas. Y cuanto más conectados estemos, menos independientes somos, es bastante obvio. Eso significa que el libre albedrío en la toma de decisiones nos va a venir de fuera, a través de un algoritmo de inteligencia artificial que puede controlar lo que hacemos, y lo hará igual mejor que nosotros, pero ya no somos nosotros. Creemos que este es otro derecho que no está en la Carta porque nadie se había preocupado en la historia de la pérdida del libre albedrío, pero ahora sí nos tenemos que preocupar, y tenemos que definirlo porque es parte de la base de lo que significa ser una persona.

Ahora mismo hay experimentos conectando a tres o cuatro monos con interfaces cerebro-computadora en la que toman decisiones de una manera conjunta. En la Universidad de Washington se han conectado a tres personas con electrodos de superficie para que realicen

juntos una tarea mental común. Estamos en una situación en la que es técnicamente posible conectar a la gente, incluso gente que no está en la misma habitación. Puedes conectarte con una persona que está en la otra parte del mundo. Pero cuando estás conectada, ¿quién eres tú, entonces? Si fusionas tu cerebro con el cerebro de otra persona o de una máquina, pierdes también la identidad personal. Nosotros pensamos que eso también es un derecho intocable de la humanidad, la identidad personal. Y esto tampoco está en la Declaración del '48.

Otro tema muy importante es el aumento cognitivo de las personas o el mejoramiento de nuestras actividades cognitivas. De hecho, ya estamos aumentados. Por ejemplo, con estos teléfonos móviles, llegas a una ciudad donde nunca has estado, enciendes el GPS y te mueves sin problema ninguno. Tienes unas habilidades cognitivas que no tenías antes. Ahora, este cacharro lo tenemos en el bolsillo. Pero vamos a estar conectados a través de estas neurotecnologías, que es una manera muchísimo más eficiente y con un ancho de banda mucho mejor. Estas tecnologías no van a ser baratas, con lo cual es lógico pensar que cierto grupo de personas en ciertos países se podrán aumentar a sí mismos dejando atrás al resto de la población. Y ahí damos con el problema fundamental, el tema de la justicia; tiene que haber un sistema justo, equitativo. Y creemos que debe ser un derecho universal el derecho equitativo a la aumentación, que no andemos creando una sociedad en la que cierto grupo de personas se conviertan en una especie de súper-humanos, que evidentemente tendrán muchísimas más oportunidades económicas y vitales, dejando atrás a otro tipo de población que no pueda permitirse el lujo de aumentarse cognitivamente. Este sería el cuarto neuroderecho.

Y el último tiene que ver con el sesgo. Re-

Las personas que desarrollen, ahora y en el futuro, tecnologías desde el punto de vista de inteligencia artificial como de la neurobiología, deberían tener un juramento hipocrático

sulta que la inteligencia artificial lleva con estos algoritmos, sesgos que discriminan a ciertos grupos de la población, mujeres, minorías raciales, minorías religiosas o étnicas, porque los algoritmos no tienen ninguna ética, escogen probabilidades, optimizan la solución del problema que les pones y aumentan tendencias que han visto en la base de datos que reflejan un poco de una manera exagerada lo que ocurre en el mundo. Y muchas veces esto lleva a que los sesgos están metidos en los algoritmos, con lo cual en nuestro ahínco para hacer una sociedad más equitativa y más justa, con estas tecnologías estamos haciendo lo contrario. Tenemos un poco el aperitivo de lo que puede venir con la utilización de las redes sociales, que en vez de generar una sociedad más democrática, resulta que generan una sociedad menos democrática, porque aumentan los sesgos y desequilibran la opinión pública de una manera que puede tener consecuencias políticas importantes. Nosotros pensamos que los algoritmos de inteligencia artificial y neurotecnología tienen que estar legislados para que no haya ni un sesgo, que no se pase a la población sesgos que puedan haber sido desarrollados sin el conocimiento de los científicos o los ingenieros que estaban realizando estos algoritmos.

Estos son los neuroderechos, ¿y cómo vamos a conseguir añadir estos cinco neuroderechos a la Carta? Es complicado pero, por ejemplo, uno de los temas en los que se puede actuar es a base de influir en los cuerpos de decisión políticos o legislativos de distintos países. Por ejemplo, el Senado de Chile quie-

re introducir una enmienda a la Constitución chilena que proteja la privacidad mental de las personas. Resulta que no hay ninguna Constitución, ninguna ley en el mundo que hable de la privacidad mental. De hecho, estoy trabajando con los abogados del Senado de Chile porque no hay precedentes y hay que definir legalmente la privacidad mental por primera vez. También estamos intentando convencer, junto con la Comunidad OpenMind del BBVA, a la Comisión Europea y al Parlamento Europeo de la importancia de estos temas. Otro nivel son las Naciones Unidas. Las Naciones Unidas tienen su Alto Comisionado para los Derechos Humanos, dirigido ahora por Michelle Bachelet, y estamos intentando concienciarles de que hay que hacer algo respecto al problema de los derechos humanos que no existen ahora en este tema.

Y por último, se nos ocurrió la idea de que podíamos copiar el modelo de la medicina. La medicina es una profesión que estudia y manipula el cuerpo humano, y se puede utilizar para bien o para mal, para hacer daño o para ayudar a la gente. ¿Y qué ocurre? Desde los tiempos de Hipócrates, los médicos llevamos más de 2.000 años jurando el juramento hipocrático de respetar al paciente y utilizar sus conocimientos para el beneficio de la humanidad. Es prácticamente universal, da igual el sistema político, si es una dictadura, si es una democracia, si es en la Edad Media, si es en la Grecia Antigua, tú vas al médico y siempre tienes ahí una persona que va a ayudarte, que utiliza todo el conocimiento de todo su campo de la ciencia de la medicina para ayudar a la

gente. Es una profesión con deontología. La medicina es una profesión humanista, porque el interés es ayudar a las personas. Y lo que queremos es que las personas que desarrollen, ahora y en el futuro, tecnologías desde el punto de vista de inteligencia artificial como de la neurobiología, tengan un juramento hipocrático, un código deontológico al cual se adhieran durante su formación, igual que los médicos lo aprenden durante su formación y no se gradúa ningún médico en ningún sitio del mundo que no tenga esto metido en su ADN. La idea es trasladarles a las empresas tecnológicas la necesidad de que tengan su propia deontología para que estas tecnologías se puedan utilizar en beneficio de la humanidad.

Estoy pintando una imagen muy sombría, pero creo que estamos a las puertas de un nuevo Renacimiento. ¿Qué ocurrió en el Renacimiento? Hubo una revolución en la que la cultura y la ciencia empiezan a entender qué somos los humanos. Los médicos empiezan a diseccionar cadáveres, empiezan a entender cómo funciona el cuerpo humano y esto es el surgimiento de la ciencia moderna, la medicina moderna. Esto tuvo consecuencias muy positivas en todos los niveles, nos hizo más libres, los sistemas políticos, los antiguos prejuicios atávicos empiezan a desaparecer y existe también un florecimiento cultural también. Yo creo que ahora estamos en un Renacimiento versión 2.0, porque en vez de entender el cuerpo humano ahora lo que vamos a entender es la mente, pero la mente resulta que es precisamente lo que somos, nos vamos a entender, vamos a entender nuestro lugar no solo en el mundo sino nuestro lugar en la evolución, los mecanismos cerebrales que son responsables de lo que hacemos, para bien y para mal. Y con este momento en la historia, con la neurotecnología y la inteligencia artificial, si lo canalizamos de una manera efectiva, tendremos un nuevo Humanismo y tenemos que asegurarnos que así sea.

Bio



RAFAEL YUSTE

Catedrático de Ciencias Biológicas en la Universidad de Columbia de Nueva York. Nació y se educó en Madrid, donde estudió Medicina en la Universidad Autónoma y la Fundación Jiménez Díaz. Después de trabajar con Sydney Brenner en Cambridge (Reino Unido), realizó los estudios de doctorado con Larry Katz y Torsten Wiesel, en la Universidad Rockefeller de Nueva York. Se especializó en Biofísica en los Laboratorios Bell con David Tank y Winfried Denk y desde 1996 es miembro del Departamento de Ciencias Biológicas de la Universidad de Columbia. En 2005 fue nombrado investigador del Instituto Howard Hughes y codirector del Instituto Kavli de Circuitos Cerebrales en Columbia y en 2014 director del Centro de Neurotecnología en la Columbia.

Yuste está interesado en entender cómo funciona la corteza cerebral y cómo se daña en la epilepsia y enfermedades mentales. Para estudiar estas cuestiones, Yuste y su equipo han desarrollado técnicas de microscopía óptica, como la imagen de calcio de circuitos neuronales, imágenes con láseres de dos fotones, microscopía holográfica y fotoestimulación optoquímica y optogenética. Yuste fue el principal propulsor del *Brain Activity Map*. Este proyecto fue adoptado en el 2013 por el presidente Obama, rebautizado como iniciativa BRAIN, y ha dado lugar a la iniciativa BRAIN internacional. Yuste está involucrado en la adopción de reglas éticas para la neurotecnología y la inteligencia artificial (los "NeuroDerechos") y su incorporación en la Declaración Universal de Derechos Humanos. Yuste es académico honorario de la Reales Academias de Medicina y de Ciencias Naturales y Exactas. En el 2012 fue nombrado uno de los 5 científicos más influyentes del mundo por la revista *Nature*.