

# Neurociencia y tecnología

## ¿Dónde estamos y hacia dónde nos dirigimos?

Comenzaremos este artículo con una invitación al lector a retroceder imaginariamente a 1990 y recordar qué esperábamos en aquel momento de los avances científicos y tecnológicos, para superar las dificultades derivadas de una discapacidad de origen neurológico. No será difícil hacer un listado de dispositivos o funciones que hace 25 años existían solamente en el imaginario y que hoy son, por lo menos, prototipos tecnológicamente viables.

Por otra parte, resultará también sencillo encontrar ideas y conceptos innovadores que forman ya parte del conjunto de servicios y aplicaciones que utilizamos habitualmente, y que en aquel momento ni tan siquiera eran contemplados en nuestra imaginación.

Sin embargo, muchos de estos avances necesitan todavía modelos de aplicación que permitan su llegada a todas aquellas personas que se podrían beneficiar de ellos, o más estudios que respondan preguntas imprescindibles para su implantación definitiva.



**Eloy Opisso**  
Doctor en Ingeniería Biomédica  
Institut Guttmann



**Josep M. Tormos**  
Doctor en Medicina  
Institut Guttmann

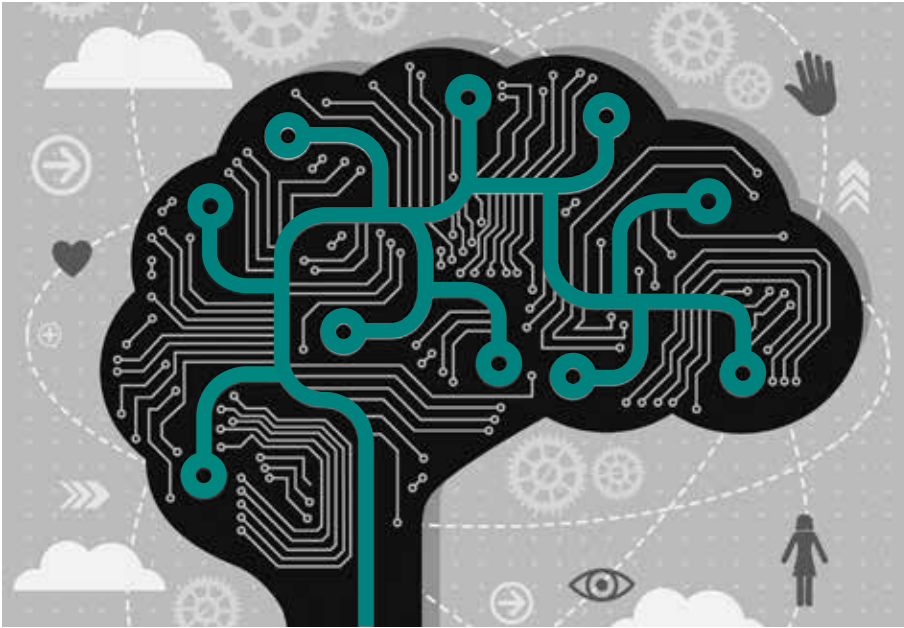
Nos preguntamos, al inicio de 2014, qué nos ofrece y qué nos depara la intersección entre la ciencia y la tecnología. Para responder, analizaremos aquellos grandes retos que, aun con distintos niveles de maduración, ya no podemos ubicar bajo el paraguas conceptual de la ciencia ficción, sino que forman parte de los servicios o cuidados que recibimos o que, con un nivel de expectativa muy alto, esperamos recibir en los próximos años:

### La neuroregeneración

Quizá el desafío que ha experimentado una evolución más vertiginosa, en este periodo, es la posibilidad de disponer de **tratamientos curativos o regenerativos** para las enfermedades que afectan al sistema nervioso central. Hoy en día todavía no podemos decir que tenemos todas las claves necesarias para ello, pero si analizamos los cambios que se han producido en este periodo, encontramos los elementos

necesarios para dibujar un horizonte absolutamente esperanzador.

En 1985 se acuñó el término **neurociencia**, como nueva disciplina reconocida en la confluencia de la **neuroanatomía**, la **neurofisiología**, la neurobiología y las **ciencias del comportamiento**, entre otras. En el año 1990 se inició la Década del cerebro, una iniciativa del Gobierno de los EEUU que fue secundada por programas sinérgicos en muchos otros países, entre ellos



España, motivados por la importancia creciente del impacto de las enfermedades neurológicas.

La integración en un cuerpo de conocimiento común de todas estas disciplinas, la expectativa de modular la capacidad plástica del cerebro para optimizar la recuperación de lesiones, y los primeros datos experimentales apuntando hacia la posibilidad de inducir, además, la regeneración neuronal, alimentaron el interés en la neurociencia y fijaron el horizonte de la restitución de la función, quizá la curación, en el libro de ruta de la neurorrehabilitación.

La primera consecuencia ha sido un gran desarrollo de la **neurofarmacología**, con un impacto muy favorable en la salud de las personas. Sin embargo, a día de hoy, dispone de pocos tratamientos que, además de mejorar las manifestaciones o enlentecer la evolución de los procesos, permitan la restitución curativa de las lesiones cerebrales, de las enfermedades degenerativas o de las enfermedades psiquiátricas. La respuesta de la comunidad científica a este nuevo reto es muy estimulante. La Unión Europea, por una parte, ha definido líneas estratégicas para avanzar en el tratamiento de las enfermedades neurológicas y mentales.

La más importante es el “Human Brain Project” (<https://www.humanbrainproject.eu/es>), un proyecto insignia, con una dotación económica de un billón de euros, para impulsar la investigación de vanguardia. Integrando los últimos avances tecnológicos para entender con mayor profundidad el funcionamiento del sistema nervioso y diseñar nuevas estrategias de intervención neurofarmacológica. Los EEUU, por su parte, han impulsado un proyecto destinado a definir el mapa de conexión cerebral, con una dotación económica similar (<http://www.whitehouse.gov/the-press-office/2013/04/02/fact-sheet-brain-initiative>), cuyo valor estratégico se prevé tan importante como el que ha tenido la descripción del mapa genético y la aparición del nuevo paradigma de medicina personalizada.

La segunda consecuencia ha sido el desarrollo de programas de investigación centrados directamente en la posibilidad de inducir la **regeneración del sistema nervioso**. Las principales líneas de investigación se centran, en primer lugar, en modular las condiciones del medio que regulan la capacidad de crecimiento de las células lesionadas, con tratamiento farmacológico y estrategias moduladoras de la respuesta inmunológica. Por otra

parte, se investigará en el implante de células de estirpe neurológica con capacidad de inducir la restitución y el establecimiento de nuevas conexiones; en el implante de células poco diferenciadas, que evolucionen a neuronas, o en la modificación controlada de la expresión génica orientada a la reprogramación celular. En la actualidad, todavía no existen datos que demuestren la utilidad de estas estrategias en el ser humano. Sin embargo, sí podemos afirmar que existen datos muy definitivos en modelos animales, que avalan la viabilidad y la seguridad de estos procedimientos, su utilidad para inducir la reparación de las estructuras lesionadas y la capacidad de inducir su reorganización, a partir de programas de rehabilitación de las funciones alteradas, mejorando el resultado funcional de las intervenciones. Además, quizá el dato de más valor es que existen, en estos momentos, más de 500 ensayos clínicos registrados centrados solamente en la regeneración de la lesión medular; que de estos ensayos se deriva un volumen muy importante de datos que sostienen la seguridad de las técnicas, y que comienza a haber datos indirectos que indicarían el establecimiento de nuevas conexiones neuronales, a partir de resultados evaluados con técnicas objetivas para el registro de potenciales evocados.

## El control de entornos

Hoy ya es posible el control de entornos y de dispositivos mediante el registro invasivo o no invasivo de la actividad cerebral. Nos referimos a un concepto aparentemente tan vanguardista como controlar dispositivos con el pensamiento o, lo que es más importante, saber interpretar la intención del individuo a partir del registro de la actividad eléctrica de su cerebro. La posibilidad se concreta en la capacidad de escribir un texto, controlar el movimiento de un ratón en la pantalla de un ordenador y navegar por internet, utilizar las redes

## Hoy ya es posible el control de entornos y de dispositivos mediante el registro invasivo o no invasivo de la actividad cerebral.

sociales o realizar otras actividades, a través de aplicaciones informáticas. La frontera tecnológica es mejorar la funcionalidad de los sistemas de captación de la señal; la capacidad de procesamiento de las señales; la portabilidad y autonomía de los sistemas; el desarrollo, la comercialización y el mantenimiento de los dispositivos y su complementación con una capa de servicios que añada valor a la tecnología.

## La robótica y la inteligencia artificial

La robótica y la inteligencia artificial representan otro campo de soluciones reales, pero con una potencialidad todavía en fase de exploración y de definición. Somos capaces de diseñar máquinas que realicen muchas funciones que podría ejecutar un ser humano, incluso con un mayor grado de precisión, velocidad, resistencia

y eficiencia. De hecho, es posible diseñar sistemas que permiten aumentar nuestras capacidades, pero todavía se nos resiste la capacidad de reproducir la funcionalidad de nuestro propio organismo.

Actualmente, disponemos de sistemas robóticos inteligentes para intensificar los tratamientos de rehabilitación, hacerlos más motivadores y generar evidencia sobre su eficacia. El gran reto que nos plantea su utilización consiste en sentar las bases de los criterios de indicación, a partir del estudio de su eficacia y su eficiencia. Cumplir estos requisitos es imprescindible para desarrollar una rehabilitación basada en la evidencia. Y es aquí, precisamente, donde la aplicación de sistemas robóticos y la instrumentación de los procedimientos de investigación nos facilitan la obtención sistemática de datos objetivos a una escala suficiente, para capturar la gran variabilidad interindividual, evolucionando la metodología hacia el diseño de ensayos clínicos más

controlados y mejor estratificados. Por todo ello, la introducción de sistemas robóticos en rehabilitación no solamente aporta ventajas por la incorporación de modelos más eficientes, sino que posiblemente ayudará a generar mayor evidencia sobre los procedimientos más adecuados para cada persona.

Resulta más difícil, sin embargo, reproducir las funciones de nuestro propio

**Actualmente, disponemos de sistemas robóticos inteligentes para intensificar los tratamientos de rehabilitación, hacerlos más motivadores y generar evidencia sobre su eficacia.**

organismo. El desafío, actualmente, se centra en reproducir funciones tan cotidianas, pero tan complejas desde el punto de vista evolutivo, como andar, levantarse y sentarse, subir escaleras o caminar por terreno irregular, con patrones semejantes a los de la marcha fisiológica. Hoy en día existen

**Disatec**  
Jaume Tort



- Grúas domiciliarias, cambiapañales,
- Ayudas para la vida diaria, aseo, vestir,
- Cojines y colchones antiescaras...
- Sillas manuales, electrónicas, ...
- Handbikes.

**www.ortotienda.com**

Disatec distribuye ayudas técnicas de alta calidad.

- Cama eléctrica con CARRO elevador.
- Cabezal, piecero y barandillas abatibles.
- Colchón visco, con funda.



**950€**

IVA y TRANSPORTE incluido



Silla de ducha y WC  
CLEAN (ETAC)

**287€**



wheelchair sports



**FreeWheel**



Tel. 685465481  
fax 938481751

info@ortotienda.com



exoesqueletos que cumplen una parte de estos requisitos biomecánicos, pero todavía se investiga la mejor estrategia para controlarlos de manera directa desde la intención de cada persona. Aun así, los avances alcanzados en el diseño biomecánico, la aparición de nuevos materiales que los hace más ligeros y los sistemas de alimentación que aumentan su autonomía, inducen a pensar que el horizonte de esta nueva generación de ayudas técnicas podría estar bastante cercano.

La aplicación de estos mismos principios a las acciones que normalmente realizamos con los brazos y con las manos es, por otra parte, bastante más compleja. El número de acciones que realizamos de manera cotidiana es muchísimo más amplio, y también lo es la complejidad de los mecanismos de control. Pese a los avances realizados y los prototipos existentes, la sofisticación biomecánica del brazo y de la mano hace el reto mucho más difícil. Asimismo, todavía no se han resuelto todos los problemas tecnológicos necesarios para disponer de prototipos de exoesqueletos funcionales que se hayan utilizado en entornos clínicos. Estudios muy recientes han puesto de manifiesto la posibilidad de controlar un brazo y una mano robótica mediante el registro directo de la actividad de la corteza cerebral para manipular alimentos y alimentarse, pero existe todavía un largo camino de investigación y desarrollo para optimizar los sistemas de registro de la actividad cerebral. De forma similar sucede con el desarrollo de algoritmos para el tratamiento de la señal, de modo que sea posible la identificación de la intención del usuario con la suficiente rapidez como para poder utilizarla en el control de las actividades más elementales de la vida diaria. El reto es más complejo, pero los resultados alcanzados y las líneas de investigación actualmente en curso permiten mantener el mismo objetivo en el horizonte.

## Las neuroprótesis

El nivel de desarrollo tecnológico alcanzado nos proporciona soluciones ampliamente aceptadas en neurorrehabilitación. Existe un considerable número de neuroprótesis implantables para el control de funciones reflejas, como el estimulador de raíces sacras anteriores para restablecer el control voluntario de la micción o la defecación; los sistemas de marcapasos diafragmáticos implantables para controlar la ventilación en pacientes con lesiones medulares altas; o los sistemas de estimulación para controlar el pie caído tras un ictus, controlados a partir de la monitorización del ciclo de marcha. Las mencionadas son una parte de las aplicaciones más significativas que se utilizan de forma regular en la práctica clínica.

## Estimulación cerebral no invasiva

La posibilidad, desde su primera demostración en 1984, de activar eléctricamente la corteza cerebral de manera focal, no dolorosa y segura, mediante estimulación magnética transcraneal, y modular de manera transitoria y controlada la excitabilidad cortical, ha supuesto una revolución metodológica en la neurociencia cognitiva. Sin embargo, el mayor impacto de la estimulación no invasiva está posiblemente por llegar, en relación a las potenciales aplicaciones terapéuticas. A la demostración de su utilidad, en 1996, en el tratamiento de la depresión resistente al tratamiento farmacológico, siguió la aplicación en el tratamiento de distonías focales y, como aplicación más reciente, en la rehabilitación de la afasia motora o la hemiplejía resultante de episodios de daño cerebral.

Pero más allá del beneficio terapéutico, la aplicación de estas técnicas pone de manifiesto la utilidad de identificar patrones de respuesta inadecuados tras la

instauración de una lesión. Estos pueden ser modulados de manera aislada o en combinación con técnicas de rehabilitación para optimizar la capacidad de cambio del sistema nervioso después de una lesión. Tal es el caso de la aplicación de la estimulación cortical con corriente directa, combinada con técnicas de ilusión visual en el tratamiento del dolor neuropático consecuencia de una lesión medular o de algún episodio de daño cerebral o de otra naturaleza.

## Internet

Las tecnologías de la información y la comunicación, y la telefonía móvil como núcleo de unión entre la informática, internet y la movilidad global de las comunicaciones, permiten plantear un nuevo paradigma a partir de la incorporación de servicios innovadores. La primera ventaja es la posibilidad de acercar la rehabilitación a las personas, en su entorno más cercano. Ello permite reducir los costes de desplazamiento en aquellos casos donde la visita al hospital o al centro no es imprescindible, e incorporar la interacción remota, supervisada y controlada, de manera automática, sobre las actividades de la vida diaria, en un concepto que se ha definido como Rehabilitación Ubicua.

La incorporación de nuevos dispositivos aumenta la eficiencia de las intervenciones, permite aumentar la intensidad de los tratamientos y posibilita el acceso a un número mayor de personas que los necesitan. Además, facilita la monitorización de las intervenciones, lo que supone una gran ventaja metodológica para la generación de evidencia sobre la utilidad clínica de las mismas. Es precisamente la generación de conocimiento lo que permitirá avanzar hacia la personalización de las intervenciones.

"Guttmann, *NeuroPersonalTrainer®*" ([www.gnpt.es](http://www.gnpt.es)) constituye un claro ejemplo de las ventajas que ofrece la aplicación de las tecnologías de la información y

de la comunicación para optimizar la memoria, la capacidad de atención, así como también la habilidad para la planificación, para el cálculo mental y para aumentar su capacidad de concentración. Y ello a partir del conocimiento más avanzado en neurociencia cognitiva y en plasticidad cerebral, mediante tratamientos personalizados, intensivos, motivadores, directamente supervisados por profesionales expertos y accesibles desde el propio domicilio de las personas con un déficit cognitivo.

Los resultados alcanzados nos sitúan ante un horizonte de optimismo, pero nos obligan a redoblar los esfuerzos y a estimular, aún más, la investigación interdisciplinar, para salvar las barreras que todavía nos impiden disponer de tratamientos verdaderamente restaura-

## Los resultados alcanzados nos sitúan ante un horizonte de optimismo, pero nos obligan a redoblar los esfuerzos y a estimular, aún más, la investigación interdisciplinar.

tivos. Muchos de los resultados se han traducido ya en programas clínicos, pero son todavía más los resultados que deben traducirse. La investigación translacional, dirigida a estudiar el impacto clínico en los avances científicos y tecnológicos, es un elemento imprescindible en esta cadena. Su papel es, por una parte, ofrecer nuevas soluciones y, por otra, plantear nuevos retos que impulsen el desarrollo científico continuado.

Sin embargo, es muy importante manifestar, también, la necesidad de impulsar la innovación clínica y el desarrollo de nuevos modelos de pres-

tación de servicios que permitan poner a disposición de las personas, cuanto antes, el gran número de avances ya existentes. El gran reto ya no es solamente tecnológico, sino un desafío colectivo. Científicos, profesionales, usuarios, proveedores de servicios... deben establecer modelos de colaboración "Bottom Up", centrados en el problema y en el destinatario final de las soluciones. Pero los mismos actores han de desarrollar modelos de colaboración, compromiso, flexibilidad y riesgo compartido, orientados a nuevas estrategias de intervención clínica y de prestación de servicios.

**gracare**  
Desde 1940 ajudant a les persones

**Línea infantil: Cadires de rodes, caminadors, trones...**

**Cadires de rodes manuals i elèctriques  
Servei d'adaptació de productes  
Servei d'assistència tècnica**

**Ajudes per a les activitats esportives  
Adaptació de vehicles  
Molts altres productes al seu abast**

C/ Entença 165, 08029 **Barcelona** · T. 934 902 629    Av. Jacquard 64 08222 **Terrassa** · T. 937 362 549    info@gracare.com · www.gracare.com

WWW.FAYOSCREATIVOS.COM