



El hombre biónico (ilustración de Manuel Garrido).



Chips cerebrales implantables: hoy y mañana

Implantable brain chips: Today and tomorrow

■ Ellen M. McGee y Gerald Q. Maguire, jr*

■ Desde la publicación de nuestro artículo *¿Es posible implantar chips cerebrales? Momento para el debate*, que se reproduce a continuación en esta Revista, la velocidad del progreso científico se ha visto acelerada. Resulta obvia la acuciante necesidad de encarar los riesgos inherentes a la aparición de seres humanos conectados a dispositivos bioelectrónicos —los *cyborgs* de la ciencia ficción—. Las innovaciones que están teniendo lugar en el ámbito de los dispositivos semiconductores, bioelectrónica, nanotecnología, ciencia cognitiva y tecnología de control neural, hacen posible la hibridación de seres humanos y máquinas. Tanto los gobiernos de Europa, EEUU y Asia, como las firmas comerciales, están apoyando toda suerte de esfuerzos en este sentido. No menos de 300 compañías privadas están investigando aparatos que puedan mejorar aquellas patologías cuya causa radica en el cerebro, los nervios o la columna vertebral¹.

Cuando redactamos nuestro ensayo en 1999, las innovaciones reales —no las sugeridas— abarcaban: implantes cocleares, los primeros trabajos sobre implantes de retina e implantes cerebrales para controlar el temblor en la enfermedad de Parkinson. Desde entonces se han empezado a utilizar estimuladores del nervio vago para el tratamiento de la epilepsia y de la depresión resistente al tratamiento convencional². En marzo de 1998, un paciente diagnosticado de “síndrome de cautiverio” se convirtió en el primer individuo al que le conectaron en el cerebro una interfaz cerebro-ordenador (*brain-computer interface*, BCI) que le permitía comunicarse con un ordenador, pues podía mover un cursor con su pensamiento³. Este implante cerebral biónico, desarrollado por investigadores de la Universidad de Emory (EEUU), permite la acti-

* Los autores son, respectivamente: Directora de The Long Island Center for Ethics, Long Island University (Brookville, NY, EEUU) y Profesor de informática y comunicación en el Real Instituto de Tecnología (Kista, Suecia); y han preparado, como autores que son también del artículo que se reproduce seguidamente (*¿Es posible implantar chips cerebrales? Momento para el debate*), publicado originalmente en 1999, este texto, por encargo de esta Revista, a fin de actualizar algunos de los aspectos que allí se analizan. La traducción es de Assumpta Mauri.

vación de una BCI simplemente con el pensamiento. Posteriormente se han fabricado articulaciones “biónicas” con microprocesadores incorporados, como rodillas artificiales y piernas inteligentes, denominadas *Rheo Knee* o *C-leg*. El Department of Veterans Affairs de EEUU está financiando la investigación de una extremidad “biohíbrida”, que utiliza señales cerebrales para controlar directamente la prótesis de un modo semejante a la forma en que los pacientes con parálisis mueven —valiéndose de su mente— el cursor de un ordenador⁴.

Los primeros trabajos sobre conexión directa del cerebro con manipuladores locales y remotos fueron realizados por investigadores en neurociencias de la Universidad de Duke (EEUU) que lograron entrenar a un mono para que controlase —usando solo su pensamiento— un brazo mecánico⁵. Desde 2004 se está estudiando un dispositivo denominado *Braingate*, que permite a personas con parálisis motora controlar un ordenador a través de una interfaz neural con resultados satisfactorios⁶. El primer individuo en beneficiarse de este sistema fue un paciente tetrapléjico de 24 años, al que se le implantó un chip cerebral que le permitía leer su correo electrónico, utilizar juegos del ordenador, manejar un aparato de televisión, y encender y apagar las luces utilizando solo su pensamiento.

Otro paso revolucionario ha sido la realización de un proyecto diseñado para suplir las funciones del hipocampo, de forma que se pueda remediar el deterioro de la memoria a corto plazo⁷.

Los objetivos futuristas del Grupo para la ampliación de los sentidos humanos (*Extension of the Human Senses Group*) de la NASA incluyen el desarrollo de tecnologías que permitan la fabricación de una BCI que pueda ampliar (o mejorar) las capacidades de los sentidos. Por otro lado, la Agencia de investigación de proyectos avanzados de la defensa (*Defense Advanced Research Projects Agency*, DARPA) ha destinado 24 millones de dólares americanos para financiar la investigación derivada de las propuestas de seis laboratorios para el desarrollo de sistemas cerebro-máquina (*brain-machine systems*). El objeto de estos proyectos es controlar robots y aviones exclusivamente mediante el pensamiento.

Una rata dirigida por ordenador, previamente modificada en la Universidad del Estado de Nueva York, podría utilizarse para buscar personas después de un terremoto, detectar explosivos y desempeñar ciertos tipos de tareas⁸. Investigadores de la compañía japonesa Toyota han creado un implante cerebral sensorial que permite a los usuarios el manejo de una silla de ruedas solo con el pensamiento⁹. En la Universidad de Duke, en enero de 2008, el neurocientífico Miguel Nicolelis, conocido por su trabajo sobre la aplicación de actividad robótica al cerebro de los monos —y al que ya nos hemos referido más arriba—, constató que uno de estos primates, al que se le había implantado una BCI, podía dirigir con su pensamiento a un robot situado en una rueda giratoria que se encontraba en Japón¹⁰. La DARPA está financiando el proyecto “Extremidad protésica modular” (*Modular Prosthesis Limb*, MPL), que se pondrá en marcha en 2011 y que está diseñado para experimentar con un brazo controlado con la mente: “el MPL podrá ofrecer por primera vez el control neural de partes biónicas del cuerpo conectadas mediante cables, independiente-

mente de que dichas partes se hayan perdido como consecuencia de una lesión o una enfermedad neurodegenerativa”¹¹. Simultáneamente, la DARPA está financiando un programa destinado a aumentar la duración de los implantes neurales, un proyecto clave para desarrollar BCI permanentes¹².

Llama la atención la cantidad de instituciones y proyectos que están trabajando en este campo. Un estudio de 2007 señaló que la investigación en Norteamérica con BCI comporta sobre todo el empleo de tecnologías invasoras, mientras que en Europa el énfasis se pone en las tecnologías no invasoras y en desarrollar robots inspirados en la biología. Del mismo modo, también se están financiando importantes programas en Asia¹³.

Las cuestiones éticas analizadas en nuestro artículo de 1999 incluían: seguridad, equidad, costes, privacidad, autonomía y justicia. En publicaciones posteriores analizábamos las implicaciones derivadas de la posible combinación de chips cerebrales y clonación, o, incluso, de crear identidades conscientes no biológicas¹⁴. Si la realidad física de un individuo pudiera clonarse y su identidad narrativa pudiera ser replicada, trasladada a un chip y almacenada en éste, el individuo podría lograr la inmortalidad. Así, se están desarrollando diversos métodos para registrar las sensaciones, experiencias, pensamientos y emociones de una persona, o para escanear el cerebro y cargar la información en un soporte informático. Todo esto provoca inquietudes muy vivas en relación con la pérdida de un futuro propio para el clon, y la trascendencia que ello tendría sobre su autonomía, singularidad e individualidad. Aún más inquietante resulta la perspectiva de un futuro poscarbono en el que nuestras mentes puedan ser copiadas en otro medio o bien existan en entornos virtuales¹⁵.

A la vista de estas posibilidades futuras, resulta indispensable que la humanidad discuta y regule estas tecnologías. ¿Es prudente ir en pos de estos desarrollos? ¿Qué normas deben guiar estos avances? Las mejoras que pueden lograrse con las BCI requieren reflexión y un debate público. La ética preventiva nos hace ver que hay que instituir nuevos sistemas de revisión, tanto a nivel nacional como internacional. Los científicos tienen que autorregularse del mismo modo que lo hicieron con relación a la investigación con el ADN recombinante en la reunión que tuvo lugar en Asilomar*. Resulta indispensable crear una agencia que establezca las directrices a las que debe atenerse una tecnología que tiene la posibilidad de transformar la humanidad y que pueda estimular el debate público, posibilitar deliberaciones sobre el tema y facilitar protocolos de investigación¹⁶. Asimismo hay que establecer unos patrones normativos que garanticen que en el uso de las tecnologías de BCI con fines de mejora están previstos el consentimiento informado, la reversibilidad y la evaluación inicial mediante ensayos limitados¹⁷. Dado que estas tecnologías traspasarán las fronteras nacionales, resulta necesaria una regulación internacional que debe invo-

* N. de la R.— La *Asilomar Conference on Recombinant DNA* tuvo lugar en febrero de 1975 en el centro de conferencias de la playa de Asilomar (California, EEUU). Un grupo de 140 profesionales compuesto por biólogos, abogados y físicos elaboró pautas para garantizar la seguridad de la tecnología del ADN recombinante.



Mujer biónica. Kittis, así se llama esta mujer, se imagina un movimiento de su mano y la actividad muscular registrada en su extremidad residual, que es decodificada por el ordenador que lleva a la espalda, produce un movimiento real. En la foto la vemos con un arnés que porta un brazo experimental desarrollado por la Johns Hopkins en el Rehabilitation Institute de Chicago (cortesía de National Geographic, ©Mark Thiessen).

lucrar a las sociedades científicas, los órganos de gobierno de la profesión médica, las cámaras legislativas de los Estados, las agencias de la administración pública y las naciones del mundo. Una empresa tal requiere el acuerdo de los gobiernos reconocidos internacionalmente y el respaldo de la ONU. Ya ha pasado el momento de suscitar el debate; lo que toca ahora es actuar.

Bibliografía

- ¹ Taylor C. *Surfing the Web with Nothing but Brainwaves*, Business 2.0 Magazine. 2006 jul 24 [citado 2010 oct 28]. Disponible en : <http://money.cnn.com/2006/07/21/technology/google-brain0721.biz2/index.htm>
- ² Brain VG. "Pacemaker" has long-term effects on depression. *New Scientist* 2001;10(5). http://www.newscientist.com/article.ns?id_1665 (ya no está disponible).
- ³ Headlam B. *The mind that moves objects*. *The New York Times Magazine*. 2000 jun 11:63-4.
- ⁴ Metz, R. Embracing the Artificial Limb. *Wired*. 2005 feb 15 [citado 2010 oct 20]. Disponible en : <http://www.wired.com/medtech/health/news/2005/02/66633>.
- ⁵ Lemonick MD. *Robo-Monkey's Reward*. *Time*. 2003 oct 21 [citado 2010 oct 28]. Disponible en : <http://www.time.com/time/printout/0,8816,524491,00.html>
- ⁶ Hooper S. *Brain Chip Offers Hope for Paralyzed*. CNN.COM. 2004 oct 21 [citado 2010 oct 28]. Disponible en : <http://www.cnn.com/2004/TECH/10/20/explorers.braingate>
- ⁷ Graham-Rowe D. *World's First Brain Prosthesis Revealed*. *New Scientist*. 2003 mar 12 [citado 2010 oct 28]. Disponible en : <http://www.newscientist.com/article/dn3488>
- ⁸ Graham-Rowe D. *Robo-rat controlled by brain electrodes*. *New Scientist*, 2002 may 1 [citado 2010 oct 22]. Disponible en: <http://www.newscientist.com/article/dn2237-robobat-controlled-by-brain-electrodes.html>
- ⁹ Clay D. *Toyota unveils Wheelchair Propelled by Thoughts Alone*. 2009 jun 29. [citado 2010 oct 19]. Disponible en: <http://www.fastcompany.com/blog/clay-dillow/culture-buffet/mobility-mind-control-toyota-unveils-wheelchair-propelled-thoughts-a>
- ¹⁰ Blakeslee S. *Monkey's Thoughts Propel Robot, a Step That May Help Humans*. *The New York Times*, 2008 ene 15.
- ¹¹ Halley D. *Mind -controlled Human Arm Begins the First Human Testing*. 2010 ago 3. [citado 2010 oct 20]. Disponible en : <http://singularityhub.com/2010/08/03/mind-controlled-artificial-arm-begins-the-first-human-testing/>
- ¹² Halley D. *O.c.*
- ¹³ Berger WB, Chapin JK, Gerhard GA, McFarland DJ, Príncipe JC, Soussou WV *et al. Brain-Computer Interfaces, An International Assessment of Research and Development Trends*. Nueva York : Springer; 2008.
- ¹⁴ McGee EM *Should There Be a Law? Brain Chips Ethical and Policy Issues*. *Thomas M. Cooley Law Review*. 2007;24:81-97.
- ¹⁵ McGee EM, Maguire, Jr GQ. *Becoming Borg to Become Immortal: Regulating Brain Implant Technologies*. *Cambridge Quarterly of Healthcare Ethics*. 2007;16(3):291-302.
- ¹⁶ McGee EM. *Bioelectronics and Implanted devices*. En: *Medical Enhancement and Posthumanity, The International Library of Ethics, Law and Technology*. Vol 2. Gordijn B, Chadwick R, editores. Amsterdam: Springer; 2009. p. 207- 223.
- ¹⁷ McGee EM, Maguire, Jr GQ. *O.c.*