



# ¿Es posible implantar chips cerebrales? Momento para el debate

*Implantable brain chips? Time for debate*

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

## Resumen

Durante mucho tiempo se han utilizado prótesis mecánicas para compensar las discapacidades físicas. Los últimos avances habidos en el campo de la bioelectrónica van a posibilitar que en los próximos 20 años se diseñen chips informáticos y otros dispositivos electrónicos que, al ser implantados en el cerebro, potencien los sentidos o aumenten la memoria, permitiendo en cualquier momento el acceso a la información o la comunicación invisible con otras personas. Estas cuestiones suscitan un debate moral en relación con la seguridad, la equidad, la privacidad y la autonomía, y el temor acerca del uso de las interfaces cerebro-ordenador por parte de los gobiernos para controlar a los individuos. Esto nos obliga a iniciar un debate público para la toma de decisiones en relación al uso y regulación de estas tecnologías.

## Palabras clave

Chips informáticos implantables. Interfaces cerebro-ordenador. Procedimientos biomédicos orientados a la mejora. Control de la conducta. Evaluación ética.

## Abstract

We have long used mechanical prosthetic devices to compensate for physical disability. Recent advances in bioelectronics field will make possible that, in the next 20 years, computer chips and other electronic devices will

---

\* Los autores son, respectivamente: Profesor de informática y comunicación en el Real Instituto de Tecnología (Kista, Suecia) y Directora de The Long Island Center for Ethics, Long Island University (Brookville, NY, EEUU). Este artículo, que se reproduce con los oportunos permisos, se publicó originalmente como: McGee EM, Maguire GQ. *Implantable brain chips? Time for debate*. Hastings Center Report 1999;29(1):7-13. La traducción es de Assumpta Mauri.

be designed. These devices, when implanted in the brain, will increase the senses or enhance the memory, enabling access to information or to invisible communication with others at any moment. These questions raise a moral debate on issues of security, equity, privacy and autonomy, and worries about the use of computer-brain interfaces for the governmental control of individuals. These points need to be discussed in a public debate in order to make decisions in relationship to the use and regulation of these technologies.

### Key words

Implantable brain chips. Computer-brain interfaces. Biomedical enhancement procedures. Behaviour control. Ethical assessment.

■ En el correo de hoy llega un catálogo anunciando una sudadera adornada con el lema: “En mi próxima vida voy a tener más memoria instalada”. Casi todos podemos tener este deseo. Tal y como van las cosas, esta posibilidad podría no ser del todo inverosímil. Los que se imaginan mundos llenos de ordenadores afirman que es posible que, en el transcurso de nuestras vidas, chips informáticos implantables, actuando como sensores o impulsores, no solo puedan auxiliar a una memoria que ya está fallando, sino también conferir otras capacidades. Con su ayuda podríamos adquirir fluidez en nuevos idiomas o “reconocer” a personas que nunca hemos visto. Existe, pues, la posibilidad de que la creciente sustitución de partes del cuerpo por componentes mecánicos, conduzca finalmente a la creación de organismos cibernéticos; seres en los que el hombre y la máquina están íntimamente combinados. Si se lleva esta posibilidad al límite, los chips informáticos y otros equipos electrónicos implantados en el cuerpo de un individuo podrían reemplazar, aumentar y potenciar nuestras facultades más humanas: la memoria y la capacidad de raciocinio. Sería posible que pudiéramos llegar a ver el advenimiento del *cyborg* de la ciencia ficción, una persona que tiene una relación íntima, tal vez necesaria, con una máquina.

Las fantásticas representaciones de la ciencia ficción sobre el hombre biónico dificultan la posibilidad de tratar con seriedad esta posibilidad. Los humanos mejorados, como *Robocop*, y los robots de acero inoxidable recubiertos con piel humana viva, como *Terminator*, dan un tinte ridículo al tema. La imagen que se da en *Star Trek* de la pérfida raza de cyborgs, conocida como *The Borg*, dificulta una discusión sensata sobre la “ciborgización” de la humanidad. Parece remota la posibilidad imaginada en la novela *Neuromancer*\*, de William Gibson, de un mundo en el que la mente humana y la tecnología electrónica se comunican mediante una interfaz de conciencia sin soluciones de continuidad. De ahí que, mientras la atención la absorben los cyborgs de la ciencia ficción, la mayor

---

\* *N. de la R.*— Se refiere a la novela de ciencia ficción *Neuromante* (título en español), escrita por William Gibson en 1984.

parte de los individuos —exceptuando el análisis académico en algún medio de comunicación o los textos de unos pocos pioneros audaces— nunca ha participado en una discusión seria acerca de si debemos desarrollar tales interfaces, si podemos controlar esta tecnología, si progresará o perecerá, o quién debiera controlarla. El propósito de este artículo es despertar la conciencia de la comunidad bioética en relación a estas cuestiones, impulsar la creación de un foro de deliberación social y plantear algunas cuestiones preliminares.

## Una revolución tranquila

La bioelectrónica combina los avances de la tecnología protésica con los de la informática. Dado su origen, posee una larga tradición, puesto que el uso de dispositivos protésicos para rehabilitar y restaurar las funciones corporales va unido a la historia de la humanidad, desde estadios en los que solo se disponía de simples extensiones externas del cuerpo humano, como muletas y patas de palo, pasando por pies almacenadores de energía (*energy-storing prosthetic feet*, ESPF) y dispositivos controlados por la contracción muscular, hasta los aparatos actuales con interfaces conectadas directamente con el cerebro. En todo el mundo existen al menos tres millones de personas que viven con implantes artificiales<sup>1</sup>, como prótesis de mama, pene, pectoral, testículo, mentón, pantorrilla, pelo y dentales. A lo que se suman, por un lado, las hormonas y medicamentos prescritos con tal finalidad sustitutiva; y, por otro, el grupo de los dispositivos médicos, como extremidades biónicas, marcapasos cardíacos, pequeñas bombas implantables que ayudan a la circulación pulmonar o sistémica<sup>2</sup>, y bombas bioquímicas automáticas que reemplazan o potencian partes del sistema nervioso o neuroendocrino, y que también pueden sustituir funciones sensoriales<sup>3</sup>.

Estos avances bioelectrónicos, junto con el desarrollo de mejores interfaces entre tejidos nerviosos y micromuestras de sustrato, están preparando el terreno para los chips cerebrales implantables. Hasta ahora se han dado los primeros pasos en la investigación del implante coclear y la visión retiniana. Así, los implantes cocleares permiten que personas completamente sordas oigan sonidos mediante la estimulación directa del nervio auditivo. Del mismo modo, los chips implantables en la retina pueden restablecer la vista en ciegos. Estos trabajos sobre la visión mediante prótesis comenzaron en la década de los años sesenta, cuando Giles Brindley conectó ochenta electrodos a receptores de radio en miniatura y los implantó en el cerebro de un voluntario invidente, con la esperanza de estimular la corteza visual a distancia. En la década de los setenta, William Dobelle dio otro paso más<sup>4</sup>: los sujetos de su experimento refirieron haber visto fosfenos, o puntos de luz, en forma similar a las señales recibidas por un sistema visual en funcionamiento. En 1992, un voluntario ciego del U.S. National Institute of Neurological Disorders and Stroke aprendió a identificar las letras fosfénicas<sup>5</sup>. Las investigaciones posteriores sobre la visión protésica han seguido dos caminos: a) la utilización de implantes de retina, que ponen en contacto una cámara en miniatura con los nervios sanos; o b) la utilización de implantes corticales, que estimulan directamente la corteza visual<sup>6</sup>.

Esta tecnología de “control neural aplicado” ya ha sido utilizada con otros fines. Por ejemplo, para el control vesical y la contracción de músculos paralizados<sup>7</sup>. En agosto de 1997 la Food and Drug Administration aprobó un implante cerebral semejante a un marcapasos para pacientes con Parkinson y para los que padecen temblor esencial<sup>8</sup>. La intervención supone trepanar el cráneo e implantar en el tálamo un electrodo que inhibe los temblores mediante la descarga constante de pequeños choques eléctricos causados por un “generador de impulsos” situado próximo a la clavícula. Esta intervención parece aliviar los síntomas parkinsonianos sin los efectos adversos de la levodopa, el principal fármaco para esta dolencia.

Estos avances son posibles gracias a la increíble miniaturización de la tecnología de la información. Los sistemas informáticos han ido progresando; así, hemos visto desde unidades centrales a ordenadores de escritorio; o desde ordenadores que podían llevarse en una maleta y portátiles, hasta ordenadores de bolsillo e, incluso, —como se ven actualmente— modelos del tamaño de una billetera o un anillo. Entretanto, en el mundo de las tecnologías de la comunicación, los sistemas macrocelulares han dado paso a los microcelulares y a tecnologías inalámbricas, y se dirigen hacia los llamados sistemas picocelulares. Conjuntamente, estas tecnologías permiten a los usuarios el acceso a la información y la comunicación con cualquier lugar o en cualquier momento, utilizando equipos que pueden llevarse “puestos” y son casi invisibles, de suerte que los individuos conservan su libertad de movimientos mientras los llevan y pueden interactuar libremente a la vez que reciben el apoyo de un sistema de información personal<sup>9</sup>. Por ejemplo, Tad Stanner, un doctorando en artes y ciencias de la comunicación en el Massachusetts Institute of Technology (MIT), lleva puesto un ordenador y vive constantemente conectado a Internet mediante un terminal en miniatura. El dispositivo que utiliza es el primer desarrollo de lo que él denomina la “BodyNet” —red corporal—, esto es, una red de ordenadores conectados a través de personas<sup>10</sup>. Y, a su vez, Steve Mann, un profesor de ingeniería eléctrica e informática de la Universidad de Toronto, ha desarrollado un ordenador conectado a Internet que ha denominado “WearCam”. Al combinar la comunicación inalámbrica con los sistemas de información, el WearCam permite aumentar y potenciar las experiencias, así como compartirlas a través de la red. En sus escritos sobre su repercusión futura, Mann afirma: “los límites entre ver y visualizar, y entre recordar y registrar se desmoronarán. Cuando compremos un nuevo aparato, ‘recordaremos’ una cara tras el mostrador. Una semana después, nuestra esposa, al devolver el aparato, ‘recordará’ el nombre y la cara de un dependiente al que jamás ha visto”<sup>11</sup>.

Lo que ahora se está concibiendo es un “segundo cerebro”. Así, los investigadores ya han desarrollado unas gafas equipadas con una pantalla, una cámara con micrófono, un control manual y un ordenador que se puede transportar a la espalda bajo la camisa. El sistema puede llevarse puesto como “ropa informatizada”, y actúa como memoria visual protésica y como potenciador de la percepción<sup>12</sup>. Utilizando distintos filtros, el que porte este sistema puede aumentar su visión normal y, al congelar las imágenes, ver aquello en lo que antes no había podido reparar: la marca de los neumáticos de un coche en

movimiento o las palas de una hélice. Se espera que en un futuro dos individuos, provistos de un equipo similar, puedan percibir exactamente la misma realidad; y que un grupo conectado en red pueda actuar perfectamente coordinado y enviarse datos, voz e imágenes entre sí. El proyecto del ordenador para llevar puesto contempla el acceso de los usuarios a lo que se ha llamado el “agente de recuerdos” (*remembrance agent*), una enorme fuente de datos colectiva<sup>13</sup>. La conexión de este ordenador a un sistema de posicionamiento global (GPS) y a un programa cartográfico permitiría a los usuarios encontrar el camino en una zona geográfica desconocida<sup>14</sup>.

El acceso continuo a la información beneficiaría a médicos, abogados, corredores de bolsa y otros muchos profesionales. En este sentido, se realizó un estudio para saber si dichos ordenadores podían servir de ayuda a los encargados del mantenimiento de los aviones. Los investigadores concluyeron que esta tecnología “mejorará la eficacia de la organización al: 1) difundir los conocimientos institucionales entre los trabajadores; 2) proporcionar acceso rápido a los procedimientos e información esquemática sobre la resolución de problemas; 3) ayudar a los procesos de reingeniería, y 4) acrecentar el acervo organizativo de la compañía”<sup>15</sup>. Otros grupos de investigadores han desarrollado ordenadores que pueden llevarse encima y se hallan en conexión inalámbrica con una red local; gracias a estos artilugios es posible recoger datos procedentes de plantas industriales avícolas<sup>16</sup>, además de jugar un papel en la formación de los empleados<sup>17</sup>. A su vez, el ejército tiene la intención de utilizar tales dispositivos para simplificar la reparación de los equipos en el campo de batalla. Es más, la institución castrense se está transformando con el empleo de la electrónica, pues ha asumido la idea de que “serán más cerebros, no más balas, lo que hará ganar la próxima batalla”<sup>18</sup>.

## Chips cerebrales implantables

Los ordenadores que pueden llevarse puestos y las redes corporales constituyen tecnologías intermedias. El próximo paso lógico —largamente anunciado— es la interfaz nerviosa directa en forma de chip cerebral implantable. Así, ya en 1968, Nicholas Negroponte, director del laboratorio de medios de comunicación del Massachusetts Institute of Technology, vaticinó por primera vez esta simbiosis entre humanidad y máquina<sup>19</sup>. Su colega, Neil Gershenfeld, afirmó [en 1995] que “en 10 años, los ordenadores estarían por todas partes; y, en 20 (años) ya habrían sido introducidos en nuestros cuerpos por los bioingenieros”<sup>20</sup>. Sin embargo, ningún visionario ha expresado alguna clase de escrúpulo en relación con este proyecto, con respecto al cual se espera que altere la propia naturaleza humana. “De repente, la tecnología nos otorga poderes —afirma Negroponte— con los que podemos manipular no solo la realidad externa, el mundo físico, sino, también y de forma mucho más prodigiosa, a nosotros mismos”<sup>21</sup>. El resultado será una “conciencia colectiva”, “una urdimbre mental”. “La urdimbre mental... consiste en tomar los trillones de células existentes en nuestros cráneos, que forman la conciencia individual, y reunir las para crear un nuevo tipo de conciencia que trascenderá a todos los individuos”<sup>22</sup>.

Sin embargo, la mayor parte de los investigadores no prestan atención a ese futuro y únicamente les preocupa el desarrollo de artefactos para corregir la discapacidad física. Richard Norman, un investigador de la Universidad de Utah, está desarrollando una red de microelectrodos que, al ser colocados en la corteza visual, pueden estimular el cerebro y lograr que éste “vea” escenas procedentes de una cámara en miniatura<sup>23</sup>. La red también se puede usar para mostrar una escena completamente artificial. Si los electrodos se colocaran en el área motora de la corteza, el cerebro sería capaz de controlar dispositivos externos como, por ejemplo, una silla de ruedas. Este procedimiento es mucho menos invasor que la implantación quirúrgica de dispositivos cocleares, pues tan solo requiere la implantación en el cerebro de dicha red de electrodos mediante una pequeña trepanación. Actualmente, el desarrollo de estas tecnologías está financiado en ciertos casos por los National Institutes of Health (NIH), empleando protocolos que contemplan la colocación de dispositivos médicos para restablecer la visión en ciegos, la audición en sordos o el movimiento en paralíticos<sup>24</sup>. Estas redes de microelectrodos han sido colocadas en animales y humanos, y probadas mediante experimentos realizados a corto y largo plazo<sup>25</sup>. Por ejemplo, investigadores de los NIH implantaron una serie de treinta y dos electrodos en la corteza visual de una mujer ciega, lo que le permitió ver formas simples iluminadas e incluso identificar letras borrosas al estimular los electrodos<sup>26</sup>. E, igualmente, se están experimentando otros sistemas capaces de provocar una estimulación neuromuscular funcional en casos de sección medular.

Es evidente que se comienza a disponer de la tecnología de dispositivos implantables a precios razonables, de suerte que es posible establecer tres etapas en la introducción de tales dispositivos. Los primeros en adoptarla serán aquellos discapacitados que deseen una prótesis con mayores prestaciones. La segunda etapa vendrá de la mano del salto que va a suponer la transición desde lo que son las necesidades terapéuticas a necesidades de mejora. Es probable que uno de los primeros grupos de “voluntarios” no discapacitados en usarlas sea el de los militares profesionales, ya que en ellos un implante con funciones informáticas y de comunicación —dotado de nuevas interfaces para armamento, información y comunicaciones— podría salvar vidas. El tercer grupo de usuarios seguramente esté constituido por individuos que trabajan en empresas intensivas en conocimientos, es decir, que son usuarios de la tecnología para desarrollar y ampliar la capacidad de transferir información. Debería disponerse de los primeros dispositivos protésicos en cinco años; de los prototipos para uso militar en diez y de los específicos para profesionales de la información en quince; y su adopción general tardaría entre veinte y treinta años.

Como “amplificadores” de la inteligencia o de la sensibilidad, los chips implantables producirán, cuando menos, cuatro tipos de beneficios: 1) aumentarán el campo dinámico de los sentidos, permitiendo que la gente perciba, por ejemplo, longitudes de onda actualmente invisibles; 2) potenciarán la memoria; 3) permitirán el “ciberpensamiento”, es decir, la comunicación imperceptible con otros en la toma de decisiones, y 4) posibilitarán el acceso coherente y continuo a la información donde y cuando sea necesario. Para muchos, estas mejo-

ras aumentarán notablemente su calidad de vida, sus probabilidades de supervivencia o el rendimiento en su trabajo.

El chip cerebral implantable probablemente funcionará como una prótesis cortical. La corteza visual del usuario será estimulada desde un ordenador en función de las imágenes recibidas desde una cámara o de la “ventana” de una interfaz artificial. Pero no es necesario que ésta sea como las interfaces en dos dimensiones que se utilizan actualmente; el usuario va a tener que aprender a “ver” y, por lo tanto, a utilizar la interfaz desde lo más básico. De igual forma que el código Morse no tiene nada en común con los caracteres del alfabeto romano, la interfaz de un implante cortical nada tendrá en común con las interfaces de los ordenadores actuales. El usuario solicitará la información a través de un teclado, una orden verbal, un movimiento muscular o, incluso, una “orden mental”, (en forma parecida a la decisión de mover un músculo, pero sin que acontezca el movimiento real del mismo). Un pequeño ordenador situado en las cercanías, que tal vez se lleve puesto o esté cerca del cuerpo, se conectará a otros sistemas de información. Todavía no está estudiado el sistema de “ventanas” para las interfaces nerviosas directas, pero se prevé que esta tecnología esté desarrollada hacia 2003\*. Así, el sistema podría “proporcionar comunicaciones por voz y contar con un visualizador con pestañas en el que se superpondrían texto e imágenes a nuestra visión normal”<sup>27</sup>.

## El debate moral

No todos los científicos dedicados a la informática contemplan estas perspectivas con ecuanimidad. Por ejemplo, Michael Dertouzos, director del laboratorio de informática del MIT, escribe en su libro *What Will Be*: que “incluso si algún día fuera posible transmitir información de un nivel tan elevado al cerebro —y se trata de un ‘sí’ de enorme magnitud técnica— no debíamos hacerlo. El hecho de conducir impulsos lumínicos a la corteza visual de una persona ciega podría justificar una intromisión como ésta, pero intervenir innecesariamente en el interior del cerebro constituye una violación de nuestros cuerpos, de la naturaleza y, para muchos, del proyecto de Dios”<sup>28</sup>.

En ese sucinto párrafo está formulado el argumento esencialista y creacionista contra el chip implantable. El miedo a forzar la naturaleza humana está muy difundido. El discurso de que la naturaleza es buena y la tecnología mala, de que la capacidad de recrearse uno mismo está llegando a la arrogancia y de que el rediseño de la humanidad tan solo puede conducir al desastre constituye una reacción habitual ante cada nueva forma de control impuesta por el hombre, desde las tecnologías que prolongan la vida hasta las técnicas reproductivas y los ingenios de la ingeniería genética. La mística de lo natural está alimentada por una visión romántica de la vida, según la cual existió un período en el que los humanos convivían en armonía con la naturaleza.

\* N. de la R.— Recuérdese que el artículo fue publicado en 1999.

Aunque resulte atractivo, es probable que ese punto de vista sea erróneo, puesto que el hombre siempre ha utilizado la tecnología para sobrevivir y mejorar su vida. Más aún, el empleo de la tecnología es consustancial al hombre. Por ello, oponerse a la posibilidad de implantar chips en el cerebro resulta del todo inadecuado, aunque plantea la necesidad de evaluar la tecnología en términos de las formas correctas e incorrectas en que podría ser utilizada.

La advertencia de no “jugar a ser Dios” descansa en el sentimiento religioso de que el intento de mejorar la creación constituye un insulto al Creador. En concreto, se ampara en la idea de que alterar el funcionamiento del cerebro para crear un ser humano superior usurpa el poder de Dios. Para que resulte convincente, este argumento precisa apoyarse en un punto de vista sobre la creación que no reconozca ningún papel a la creatividad humana y, en consecuencia, también podría llegar a excluir el tratamiento de la enfermedad y las discapacidades. Este punto de vista parece sumamente restrictivo.

El argumento en contra de conectar el cerebro a un ordenador también presupone el deseo de respetar la integridad corporal y la intuición acerca de la inviolabilidad del cuerpo humano. Muchos aceptan la invasión mecánica en el organismo con fines curativos, pero piensan que utilizar la tecnología con el afán de mejorar nuestra biología es inadecuado. Para ellos, el respeto a los seres humanos pasa por la integridad física del organismo. Apoyándose en este criterio, Carson Strong ha expuesto cuál es la diferencia entre procedimientos terapéuticos y procedimientos orientados a la mejora: “una intervención que salve la vida, que sea rehabilitadora o bien terapéutica, puede resultar congruente con el principio de que la integridad física del organismo debe ser preservada, aún cuando dicha intervención comporte una ‘mutilación’ corporal o una intrusión en él, siempre que contribuya a la integridad del todo”<sup>29</sup>. De acuerdo con este punto de vista, los chips implantables estarían bajo sospecha porque intensifican los sentidos, potencian la memoria o crean la capacidad de trabajar en red.

No obstante, para otros no existe una separación tan neta entre intervenciones terapéuticas y de mejora. ¿Hasta dónde debe llegar mi déficit de memoria para que resulte ético conectar mi cerebro a un ordenador? Si la distinción entre intervenciones terapéuticas y de mejora es difícil de precisar, entonces el argumento de la integridad corporal se torna demasiado débil. Y no es posible aportar otro tipo de argumentos para prohibir la cirugía cosmética o los fármacos que potencian el estado de ánimo. Lo crucial es saber si los beneficios de la tecnología superan sus riesgos.

Aun si dejamos de lado estos tres argumentos —no modificar la naturaleza, no jugar a ser Dios y respetar la integridad corporal—, existe una miríada de cuestiones técnicas, éticas y sociales a considerar antes de continuar con el desarrollo de los chips implantables, y que están relacionadas con los riesgos, los beneficios, las consecuencias sociales, los costes y la equidad. Además, es necesaria una evaluación multidisciplinaria que abarque como mínimo los campos de la informática, la biofísica, la medicina, el derecho, la filosofía, las políticas públicas y la economía internacional. A diferencia de lo

que ocurrió en la comunidad científica con la aparición de las tecnologías genéticas, la industria de los ordenadores todavía no ha iniciado un debate público en relación a estas tecnologías prometedoras, pero no exentas de riesgos.

Sin entrar en polémicas, el simple hecho de invocar los principios de la libertad de investigación científica constituye en sí mismo una postura moral. Por otro lado, si los que se dedican al desarrollo de esta tecnología adoptan —para su justificación moral— la compartimentación mental y el no cuestionamiento de lo que diga la autoridad jerárquica; o bien, deciden fijarse únicamente en los retos técnicos, esta nueva tecnología puede convertirse en un producto de consumo antes de que se hayan tomado medidas para proteger adecuadamente a la sociedad<sup>30</sup>. Los especialistas tienen la responsabilidad de valorar —de una manera amplia— las consecuencias de su trabajo. Cuando se evalúa cualquier tecnología que está en su inicio, es poco probable que se puedan prever todos sus efectos de una forma fiable. Sin embargo, es preciso considerar su riesgo potencial.

**Seguridad.** Los problemas más evidentes y básicos afectan a la seguridad, ya que tanto la cirugía para implantar el dispositivo, como su uso a largo plazo, pueden suponer riesgos. En efecto, puede resultar difícil el desarrollo de materiales que no sean tóxicos al ser utilizados durante un tiempo prolongado; y, precisamente cuando una tecnología ofrece tratamientos en lugar de simples mejoras, lo más habitual es su uso a largo plazo. Sin embargo, también ocurre que las normas de seguridad son más estrictas cuando las tecnologías se utilizan con fines de mejora en lugar de terapéuticos. Estas cuestiones reclaman un debate público.

En este campo de la seguridad existen varios temas relacionados entre sí. Así, hay que precisar las garantías que deben proteger a los usuarios y quién debe asumir la responsabilidad por las deficiencias en el sistema, asuntos que quizá puedan ser regulados a través de las normas de fabricación. Asimismo, las compañías deben tener prevista la posibilidad de actualizaciones, porque probablemente los usuarios no aceptarán someterse a múltiples intervenciones, ni ser portadores de una tecnología obsoleta. Además, los fabricantes han de conocer y diseñar programas para enseñar a los usuarios cómo incorporar los nuevos sistemas. Otro problema práctico con ramificaciones éticas radica en saber si existirá un mercado competitivo para tales sistemas, y si habrá normas industriales suficientemente desarrolladas para los dispositivos. Para abordar estas cuestiones necesitamos más información sobre la utilidad de los implantes y conocer si todos los usuarios se van a beneficiar del mismo modo.

**Repercusiones sobre el “yo”.** En relación a las consecuencias psicológicas que supone mejorar la naturaleza humana existen cuestiones fascinantes y vitales. ¿Cambiará el empleo de interfaces cerebro-ordenador (*brain-computer interface*) nuestro concepto sobre el hombre y nuestro sentido de la identidad? Si las personas llegan a estar realmente conectadas a través de sus cerebros,

los límites entre el propio yo y la comunidad quedarán considerablemente reducidos y la presión para actuar como parte de un todo, en lugar de hacerlo como un individuo único, aumentarán. La cantidad y diversidad de la información podrían resultar abrumadoras y el hecho de experimentar el propio yo como el de un individuo único y aislado podría verse alterado.

También deberían considerarse las consecuencias de crear seres humanos con mayores capacidades sensoriales. Los sujetos con una visión hipersensible podrían ver el radar, las imágenes infrarrojas y las ultravioletas; y aquellos con una capacidad auditiva aumentada podrían percibir sonidos más tenues y tonos por encima o por debajo del umbral habitual. La potenciación del olfato intensificaría nuestra capacidad para distinguir olores, mientras que un sentido más preciso del tacto permitiría diferenciar estímulos ambientales como los cambios de la presión barométrica. Estas capacidades podrían cambiar nuestro concepto de lo que es un funcionamiento humano "normal". Y, a medida que el número de individuos mejorados aumente, lo que hoy se considera normal, mañana podría verse como inferior a lo normal, llevando la medicalización a una esfera más de la vida.

Así pues, existen cuestiones fundamentales acerca de si debiera limitarse de alguna forma la modificación de aspectos que son esenciales de la especie humana. Aunque definir nuestra naturaleza resulta notablemente difícil, la racionalidad ha servido para justificar tradicionalmente nuestra superioridad y nuclear la identidad personal. Al tratar la posibilidad de reparar las funciones del encéfalo, Stuart Youngner y Edward Bartlett afirman que la cognición mediada mecánicamente haría problemática la existencia de una persona porque tal intervención podría producir sutiles cambios en sus pensamientos y sentimientos<sup>31</sup>. Pero su postura está claramente abierta al diálogo. En un artículo para el *Second International Symposium on Brain Death*, James Hughes afirmó que "el rechazo de Youngner a la posibilidad de que siga existiendo la persona como tal en un medio cibernético es una postura corriente, aunque minoritaria, en el campo de la inteligencia artificial y de la ciencia cognitiva. La mayor parte de los científicos cognitivos aceptan la afirmación materialista de que la mente constituye un fenómeno emergente de la materia compleja y, además, que la cibernética puede alcanzar algún día el mismo nivel de complejidad que tiene un cerebro"<sup>32</sup>.

Evidentemente, estas tecnologías afectarán la naturaleza de la identidad personal y la visión tradicional del problema mente-cuerpo. El hecho de modificar el cerebro y sus capacidades podría alterar nuestros estados psíquicos y cambiar el autoconcepto del receptor del implante; en realidad, podría modificar nuestra comprensión de lo que significa ser humano. El límite entre el "yo psíquico" y el "yo perceptivo/intelectual" cambiará, y lo mismo sucederá con la capacidad de percibir e interaccionar a distancia, que se potenciará con respecto a lo que hoy brinda una videoconferencia. Los límites entre el mundo real y el virtual pueden ser confusos. Una conciencia conectada a la conciencia colectiva y al acervo acumulado de la humanidad probablemente transforme el sentimiento individual del yo. No se sabe si tal transformación daría mayor peso a nuestras responsabilidades colectivas y si ello resultaría beneficioso.

Más allá de estas perspectivas inminentes existe la posibilidad de que, como afirmaba un periodista del *Business Week*, en treinta años “sea posible capturar datos que contengan todas las experiencias sensoriales de un ser humano en un pequeño chip implantado en el cerebro”<sup>33</sup>. Estos datos podrían recogerse mediante sondas biológicas preparadas para recibir impulsos eléctricos y, luego, permitirían a un implantado recrear experiencias; o, incluso, podrían trasplantarse chips de memoria de un cerebro a otro. Ante tal eventualidad, la continuidad psicológica de la identidad personal se desorganizaría y sus consecuencias serían terribles. Una de las preguntas que surgen es: ¿acabaría el individuo resultante de este proceso poseyendo las identidades de otras personas?<sup>34</sup>.

**Niños y equidad.** Los cambios en la naturaleza humana serían incluso más profundos si alterásemos la conciencia de nuestros hijos. En una sociedad intensamente competitiva, en la que el conocimiento con frecuencia es poder, los padres se sienten empujados a proporcionar lo mejor a sus hijos y a ayudarles a sobresalir. ¿Harán estos valores que busquen a toda costa unos implantes para sus hijos? Si la respuesta es afirmativa, cabe preguntarse: ¿cómo cambiarán estos implantes la ya desigual lotería de la vida? Las normas de admisión en los colegios, los programas para niños aventajados, los concursos de deletreo, todo ello se vería afectado. Las desigualdades que provocaría esta tecnología podrían originar una demanda de cobertura universal para estos dispositivos en los planes de salud, aumentando los costes sociales. No obstante, en una cultura como la nuestra, en la que existen distintos niveles de asistencia de acuerdo con la capacidad de pago que tiene cada uno\*, puede suponerse que la tecnología de mejora únicamente estaría al alcance de aquellos que pudieran permitírsela, lo que aumentaría la distancia existente entre los que disponen de recursos y los que no. Una mayor ansiedad podría ser el resultado social de implementar una tecnología que aumente las divisiones, no solo entre individuos y sexos, sino también entre ricos y pobres. También hay que considerar que, a medida que las mejoras se difundan, se convertirán en la norma y existirá una creciente presión social para aprovecharse de ese “beneficio”. De este modo, aun aquellos a los que les horroriza la cirugía podrían considerarla como algo necesario. La sociedad tiene que pensar detenidamente si es sensato permitir que esta tecnología se desarrolle y acabe sometida a las fuerzas del mercado.

Por otra parte, la tecnología podría hacer que los que tienen menos dotación cognitiva participen en la sociedad de un modo más equitativo. Ciertamente, la tecnología sería capaz de remediar el retraso o de reemplazar la memoria perdida en los que sufren una enfermedad neurológica progresiva; incluso es posible que los planes de salud contemplen esta indicación. Hacer que los seres humanos no pierdan una función típica de la especie podría considerarse como una intervención deseable, incluso exigible, a pesar de que la idea de un funciona-

\* N. de la R.— Se refiere a la sociedad estadounidense.

miento típico de la especie puede concebirse como un patrón en continuo cambio.

**Riesgos para la autonomía individual.** El peligro más temible de esta tecnología es la posibilidad real de que con ella se pueda instaurar un control totalitario de los seres humanos, más allá de lo relatado por Orwell. En un clarividente texto sobre lo que podían suponer los protocolos experimentales con esta tecnología, Georges Annas escribió acerca de un “proyecto para implantar dispositivos extraíbles que pueden ser controlados en la base del cerebro de neonatos en tres importantes hospitales universitarios... Lo que no tan solo permitiría localizar a sus portadores en cualquier momento, sino también programarlos para fiscalizar en el futuro lo que pudieran escuchar y enviarles mensajes subliminales directamente a sus cerebros”<sup>35</sup>. De esta forma, los gobiernos podrían controlar y oír a sus ciudadanos.

En una sociedad libre, esta posibilidad puede contemplarse como algo remoto, pero resulta creíble que esta tecnología controladora pudiera ser utilizada con nuestros hijos, y ello constituiría el primer paso en el camino hacia la pesadilla orwelliana. Igualmente, en el entorno militar, las ventajas de mejorar las capacidades de los soldados —para que tengan unos reflejos más rápidos o más precisos— pueden derivar en grandes presiones para que se incorpore tal mejora. La disponibilidad de implantes con capacidades informáticas y de comunicación, con nuevas interfaces para armamento y sistemas de información y comunicación, hará que incluso el ejército de una sociedad democrática los termine adoptando para no quedarse atrás. Es también previsible que en sociedades democráticas puedan implantarse dispositivos por orden judicial en criminales para modificar determinadas conductas como, por ejemplo, la tendencia a cometer actos violentos. Y, puesto que no todos los países dan la misma prioridad a la autonomía individual, el potencial de amenazas para la libertad y la privacidad es alarmante. Por lo que es preocupante saber cómo se va a controlar la tecnología y qué se pretende hacer con ella.

Considerando la amenaza potencial de las aplicaciones de esta tecnología bioelectrónica, ¿debería prohibirse su desarrollo o incorporación? Obviamente, esta es la cuestión que hay que plantearse. Si no es posible resistirse al desarrollo tecnológico y ya nos encontramos en una pendiente resbaladiza que nos conduce al uso de la tecnología, hemos de contemplar la posibilidad de regularla y cómo hacerlo. Un mero consentimiento informado de los receptores para permitir su implantación resulta cuestionable a la vista de su potencial efecto sobre la sociedad. La toma de decisiones en relación con las políticas públicas y la ética biomédica todavía parece estar más orientada al procedimiento que al contenido. Los derechos están por encima de lo bueno y, también, en estos temas de bioelectrónica parece difícil ponerse de acuerdo con respecto a qué es lo bueno. Las dificultades para resolver las cuestiones que plantea la perspectiva de los chips cerebrales implantables residen en el hecho de las grandes posibilidades que tienen de hacer el bien o el mal. Todas estas cuestiones son lo suficientemente importantes como para no dejar que se resuelvan por sí solas.

## Bibliografía

- <sup>1</sup> Blank RH. *Introduction*. En: Blank RH, Bonnicksen AD (eds.). *Medicine Unbound: The Human Body and the Limits of Medical Intervention*. New York: Columbia University Press; 1994. p. 3.
- <sup>2</sup> *Small Implantable Pump Would Assist Circulation of Blood (MSC-22424)*. NASA Tech Briefs. 1996;20(7):86.
- <sup>3</sup> Meijer P.B.L. *Sensory substitution*. [citado 2010 ago 17]. Disponible en: <http://www.seeingwithsound.com/sensub.htm>.
- <sup>4</sup> Dobbelle WH, Mladejovsky MG, Girvin JP. *Artificial Vision for the Blind: Electrical Stimulation of Visual Cortex Offers Hope for a Functional Prosthesis*. *Science*. 1974;183(4123):440-44.
- <sup>5</sup> *Multi-Channel Transcutaneous Cortical Stimulation System*. NIH Guide. 1996 mar 29 [citado 2010 ago 17];25(10). Disponible en: <http://128.231.74.189/grants/guide/notice-files/not96-088.html>.
- <sup>6</sup> Wyatt J, Rizzo J. *Ocular Implants for the Blind*, y Normann RA, Maynard EM, Guillory KS, Warren DJ. *Cortical Implants for the Blind*. En: *IEEE Spectr*. 1996 May:47-53, 54-59.
- <sup>7</sup> Applied Neural Control Lab [citado 2010 ago 17]. Disponible en: <http://www.cwru.edu/groups/ANCL/ANCL.htm>.
- <sup>8</sup> *Device Approved for Tremors*. *NY Times*. 1977 ago 5.
- <sup>9</sup> Mann S. *Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging Computer*. 1997 [citado 2010 ago 17];30(2):25-32. Disponible en: [http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs\\_all.jsp?arnumber=566147](http://ieeexplore.ieee.org/xpl/freeabs_all.jsp?arnumber=566147).
- <sup>10</sup> Bennahum DS. *Mr. Big Idea*. *NY Mag*. 1995 nov 13.
- <sup>11</sup> Mann S. *The Visual Memory Prosthetic* [citado 2010 ago 17]. Disponible en: <http://wearingcam.org/tetherless/node14.html>.
- <sup>12</sup> Mann S. *Wearable Computing: A First Step Toward Personal Imaging*. *O.c.*
- <sup>13</sup> Foner LN. *Entertaining Agents: A Sociological Case Study*. *Proceedings of the First International Conference on Autonomous Agents (Agents 97)*; feb 1997; Marina del Rey, California, EEUU [citado 2010 ago 17]. <http://foner.www.media.mit.edu/people/foner> (no disponible en la actualidad).
- <sup>14</sup> Peter Beadle HW, Maguire Jr GQ, Smith MT. *Location Aware Computer Systems*. 1997 feb 22 [citado 2010 ago 17]. Disponible en: [http://www.elec.uow.edu.au/people/staff/beadle/-badge/location\\_aware.htm](http://www.elec.uow.edu.au/people/staff/beadle/-badge/location_aware.htm).
- <sup>15</sup> Siegel J, Kraut RE, John BE, Carley KM. *An empirical Study of Collaborative Wearable Computer Systems*. *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems*; 1995 may 7-11; Denver, Colorado, EEUU [citado 2010 ago 17]. Disponible en: <http://portal.acm.org/citation.cfm?id=223690>.
- <sup>16</sup> Arnold D. *Tech-Built Cyborg invades Poultry Industry* [citado 2010 ago 17]. <http://mime1.marc.gatech.edu/epss/whistle.html> (no disponible en la actualidad).
- <sup>17</sup> Najjar L, Ockerman J, Huff C. *Glancing Ahead: Advanced Technology*. En: Carliner SA (ed.). *The technology fair: Making the technology work for you*. Symposium conducted at the Training '96 meeting; 1996 ene ; Atlanta, GA, EEUU [citado 2010 ago 17]. Disponible en: [http://www.lawrence-najjar.com/papers/Glancing\\_ahead.html](http://www.lawrence-najjar.com/papers/Glancing_ahead.html).
- <sup>18</sup> Komarov S. *Cybersoldiers Test Weapons of High-tech War*. *USA Today*. 1977 mar 6.
- <sup>19</sup> Negroponte N. *The Architecture Machine: Toward a More Human Environment*. Cambridge, Mass: MIT Press; 1970.
- <sup>20</sup> Bennahum DS. *O.c.*
- <sup>21</sup> Citado por Bennahum DS. *O.c.*
- <sup>22</sup> Bennahum DS. *O.c.*
- <sup>23</sup> Norman RA. *Visual Neuroprosthetics: "Functional Vision for the Blind"*. *IEEE Eng Med Biol*.

1995 ene-febr:77-83; Normann RA, Maynard EM, Guillory KS, Warren DJ. O.c.

<sup>24</sup> Altschuler RA. *Research Area: Interface between Neural Tissues and Prostheses*. Kresge Hearing Research Institute [citado 2010 ago 17]. <http://www.med.umich.edu/khri/audanat/neuinf.html> (no disponible en la actualidad).

<sup>25</sup> *Bionic Technologies, Inc.* [citado 2010 ago 17]. <http://www.bionitech.com/html/technology.html> (no disponible en la actualidad).

<sup>26</sup> Branwyn G. *The Desire to be Wired*. *Wired*. 1993 sept-oct.

<sup>27</sup> Thomas P. *Thought Control*. *New Sci*. 1996 mar 9.

<sup>28</sup> Dertouzos M. *What Will Be: How The New World of Information Will Change Our Lives*. New York: Harper Collins; 1997. p. 7.

<sup>29</sup> Strong C. *What is the "Inviolability of Person"?* En: Blanck EH, Bonnicksen AL (eds.). O.c. p. 15-23.

<sup>30</sup> Summers C, Markussen E. *Why Good People Do Bad Things: The Case of Collective Violence*. En: Ermann ED, Williams MB, Shauf MS (eds.) *Computers, Ethics and Society*. 2ªed. New York: Oxford University Press; 1997. p. 285-302.

<sup>31</sup> Youngner S, Bartlett E. *Human Death and High-Technology: The Failure of Whole Brain Formulations*. *Ann Intern Med*. 1983;99:252-58.

<sup>32</sup> Hughes JJ. *Brain Death and Technological Change: Personal Identity, Natural Prostheses and Uploading* [citado 2010 ago 17]. Disponible en: <http://www.changesurfer.com/Hlth/BD/-Brain.html>.

<sup>33</sup> Dawley H. *Remembrance of Things Past-On a Chip*. *Bus Week*. 1996 ago 5.

<sup>34</sup> Northoff G. *Do Brain Tissue Transplantations Alter Personal Identity? Inadequacies of Some "Standard" Arguments*. *J Med Ethics*. 1996;22:174-80.

<sup>35</sup> Annas GJ. *Our Most Important Product*. En: Blank RH, Bonnicksen AD (eds.). O. c. p. 99-111.