



sociedad  
Sólo Internet  
aguanta la crisis  
publicitaria

## La fusión de mente y máquina está aquí

Los implantes tecnológicos ya ayudan a paráliticos y sordos ● La posibilidad de que puedan ampliar en el futuro la capacidad cerebral reabre el debate ético

JAVIER SAMPEDRO

Si la historia universal o la mecánica cuántica ya cabe en un *pen drive*, ¿por qué no podemos enchufarnos el *pen drive* directamente al cerebro? Así podríamos adquirir esos conocimientos de forma instantánea. Con conexiones directas similares, quizá podríamos insertarnos una especie de Google en la cabeza para buscar en nuestra memoria, o ampliar nuestra inteligencia acoplándola a las modernas redes neurales y demás programas que aprenden de la experiencia.

Esos casos concretos de interfase mente/máquina pertenecen aún al campo de la ciencia-ficción. Pero hay otros que caminan entre nosotros, y que ya sirven para examinar muchos de los problemas —técnicos y éticos— que previsiblemente se derivarán del desarrollo futuro de estas técnicas. Jens Clausen, del Instituto de Ética e Historia de la Medicina de la Universidad de Tübingen, analiza hoy la cuestión en *Nature* y atendió ayer las preguntas de este diario.

"Discutir el acoplamiento entre mente y máquina es tan viejo como la película *Metrópolis*", dice Clausen. "Lo que es nuevo es que la conexión de un cerebro humano a un ordenador mediante microelectrodos implantables es ahora una opción científica real".

La forma más extendida de estas interfaces directas son los implantes cocleares en el oído interno, que se usan para ayudar a las personas sordas. Un micrófono recoge los sonidos y los envía a un pequeño ordenador, que contiene un sistema procesador del habla. La señal procesada se manda a un receptor en la cóclea, en el oído interno, que estimula directamente las neuronas del nervio auditivo que se comunican con el cerebro.

Si eso no parece todavía una interfase mente/máquina, lo empezará a parecer dentro de poco. "Las personas que tienen el nervio auditivo dañado no pueden beneficiarse de este sistema", dice Clausen, "y ya han entrado en ensayos clínicos unos dispositivos similares que, en vez de en la cóclea, se implantan directamente en las áreas acústicamente relevan-

tes del cerebro". En el fondo, la diferencia son unos pocos centímetros.

Otro caso son los implantes de paneles de microelectrodos en la retina de los ciegos. Los sistemas que se han probado tienen una resolución muy parcial, pero aun así les bastan a los pacientes para evitar la rama de un árbol cuando van por la calle, por ejemplo, y también para distinguir entre un plato o una taza, o para saber hacia dónde se están moviendo los objetos que tienen delante.

Estos electrodos suelen recibir las señales, de modo inalámbrico, desde unas cámaras acopladas a las gafas, y luego las transmiten directamente a las neuronas del nervio óptico. Desde allí llegan al córtex visual primario, situado junto a la nuca. Su principal objetivo

**Pequeños aparatos injertados pueden activar el nervio auditivo o el óptico**

**La estimulación del cerebro se ha usado en 30.000 pacientes de párkinson**

han sido hasta ahora los pacientes de retinitis pigmentosa, un conjunto de enfermedades congénitas que causan ceguera mediante la degeneración de las células fotorreceptoras de la retina.

Pero, al igual que con los implantes cocleares, los científicos ya están ensayando versiones que se conectan directamente a las áreas visuales del córtex cerebral. Sólo estas variantes podrán ayudar a las personas que, a diferencia de los pacientes de retinitis pigmentosa, tengan dañado el propio nervio óptico.

La estimulación profunda del cerebro (*deep brain stimulation*, DBS) se ha usado ya en unos 30.000 pacientes de párkinson en el mundo. Un pequeño ordenador subcutáneo manda señales eléctricas a unos electrodos implantados profundamente en el cerebro, para estimular los núcleos subtalámicos afectados por el párkinson.

La técnica se está empezando a extender a las fases más tempranas del párkinson, y sus variantes se están examinando para el tratamiento de otras enfermedades neurológicas.

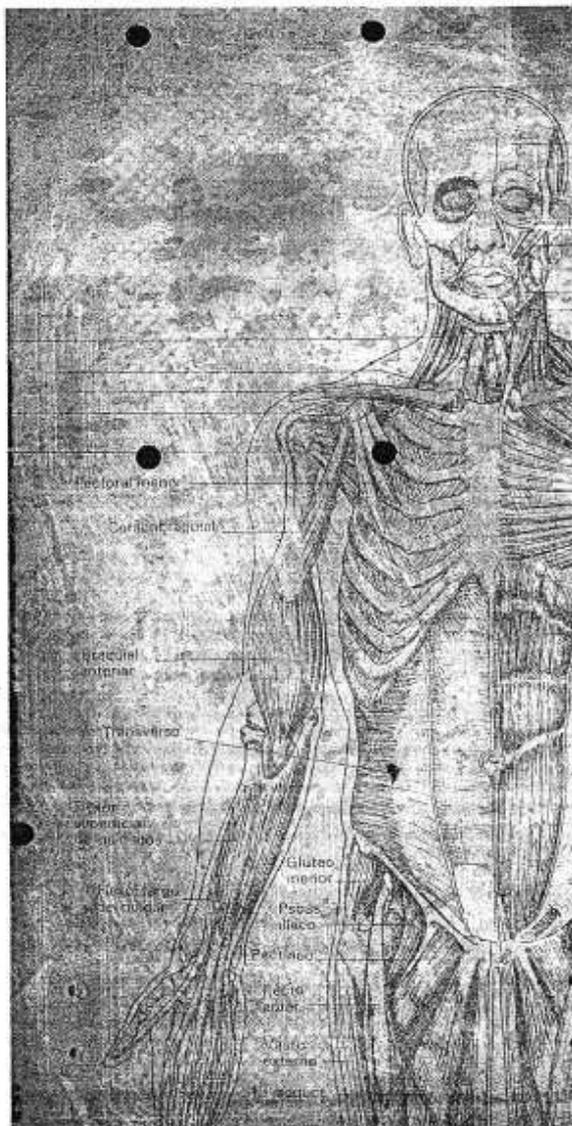
Quizá las aplicaciones que más se acercan al futuro son las que permiten a un animal de experimentación —y ocasionalmente a un voluntario humano— mover objetos, miembros mecánicos o el cursor de un ordenador con la mente: es decir, con sólo pensar, o imaginar alguna acción dentro de su cabeza.

En humanos se ha probado con técnicas no invasivas, como un casco electroencefalográfico que recoja las grandes ondas cerebrales, pero la precisión que se logra es mucho mayor con electrodos implantados en el cerebro.

La implantación de electrodos en las áreas motoras del córtex (las que normalmente dirigen los movimientos del cuerpo) lleva tiempo ensayándose en macacos, e incluso en pacientes humanos paralizados. En algunos experimentos avanzados con monos, los movimientos son casi tan rápidos y precisos como los de un brazo normal.

Un aspecto importante de estas últimas investigaciones es que las neuronas exactas pinchadas por los electrodos (entre 18 y 64, según el experimento) se seleccionan al azar. Ello implica que, si el experimento funciona, no es porque los científicos hayan logrado conectar a un ordenador el circuito neuronal exacto que normalmente dirige esos movimientos (que, entre otras cosas, no se conoce, y probablemente incluye a varios millones de neuronas, no a 18). Simplemente, el mono aprende a modular la actividad de las 18 neuronas que le han pinchado más o menos al azar.

"Los avances recientes en neurociencias, junto a la progresiva miniaturización de los sistemas electrónicos, están haciendo posible la conexión de componentes técnicos a las estructuras cerebrales", dice Clausen. "Es una gran promesa para la gente paralizada, porque plantea la posibilidad de puentear la lesión neurológica, donde la transmisión de las señales del cerebro a los músculos se interrumpe".



**Nadie plantea problemas a los implantes tecnológicos si se trata de curar enfermedades.** / LUIS F. SANZ

La idea por el momento es que las señales cerebrales se puedan usar para mover piernas o brazos mecánicos. Pero el científico de Tübingen no descarta la posibilidad de que, "algún día, en el futuro, estos avances puedan restaurar el control motor de los propios miembros naturales".

Nadie plantea objeciones éticas a la conexión entre cerebro y máquina si lo que se pretende es tratar una enfermedad, o mejorar las condiciones de vida de las personas ciegas, sordas o paralizadas por un accidente. Cuestión distinta es aplicar estas técnicas a la mejora de las capacidades naturales de la mente humana, como en los ejemplos futuristas del primer párrafo.

Un primer problema, por trivial que parezca, es que sería preciso experimentar con personas sanas. Esto es común en los ensayos clínicos de fase 1 (donde no se pone a prueba la eficacia de un fármaco, sino su seguridad), pero los riesgos de algunas intervenciones cerebrales son demasiado altos para justificar su uso en un voluntario sano, al menos en la actualidad.

Además, como estas tecnologías son bastante novedosas, sus efectos a largo plazo son una incógnita. El riesgo de sufrir un daño cerebral causado por la intervención quirúrgica no compensaría los beneficios hipotéticos que podría sacar una persona sana de una investigación de este tipo.

"Utilizar una técnica con el propósito explícito de mejorar las cualidades humanas conlleva mayores exigencias de seguridad que su aplicación médica", explica Clausen. "En el se-



## ¿Cuál es la diferencia?

La distinción entre tratar enfermedades y mejorar las cualidades naturales del ser humano no es ninguna peculiaridad de los dispositivos que conectan las mentes y las máquinas. Y lo borroso de esa frontera tampoco. Los defensores de la mejora de cualidades (por oposición al mero tratamiento de enfermedades) se centran en argumentos como el carácter abierto del ser humano, y el poder de la creatividad para transformar continuamente la naturaleza de la persona y del mundo. "La mejora no es sólo éticamente permisible", afirma uno de ellos, John Harris, "sino un imperativo moral".

La otra corriente ética pone el énfasis en que "la vida es un don, y necesitamos aprender a dejar que las cosas sean como son", en palabras del analista Eric Parens. "Sentándonos a horcajadas sobre el mundo y erigiéndonos en señores de nuestra propia naturaleza", escribe un exponente de esta corriente, Michael Sandel, "enturbiamos nuestra visión de la vida como un don, y nos quedamos sin nada que presentar como nuestra propia voluntad".

"Pero echar una partida a un juego de ordenador con el joy-

tick parece moralmente idéntico a echarla por control cerebral", opina Jens Clausen. "Incluso en el caso de dispositivos mucho más avanzados, seguiría sin suponer ninguna diferencia moral el que se dirijan con un miembro natural o con una interfaz mente/máquina. Todos son ejemplos de uso de herramientas".

Otra cuestión son las aplicaciones, por el momento de ciencia-ficción, que pudieran reformatear el cerebro humano y alterar directamente la consciencia, implantar chips de memoria o añadir capacidades cognitivas insólitas sin más que descargarlas en el usuario. "Para mucha gente", admite Clausen, "esto cruzaría la línea del respeto a la vida como algo que ha sido dado, y vería lo humano como algo que puede alterarse sin más que cambiar el software".

Pero el científico ve muchas posibilidades antes de llegar a esos extremos, entre ellas, muchas que pueden mejorar las funciones cerebrales "sin una razón médica para ello".

Ahora pueden ser demasiado arriesgadas para compensar los beneficios, pero las técnicas se irán volviendo más seguras, y en no mucho tiempo.

Otro campo de preocupación es que las máquinas puedan cambiar el cerebro. Por ejemplo, aunque la estimulación con electrodos ayuda a pacientes de parkinson que no responden a los tratamientos farmacológicos, también presenta una incidencia mayor de efectos secundarios psiquiátricos, cambios de personalidad y suicidios.

Pero tampoco esto es una peculiaridad de estas tecnologías. En 2004, por ejemplo, la Agencia Norteamericana del Medicamento (FDA) hizo que los prospectos de algunos antidepressivos hicieran constar cierto aumento del riesgo de suicidio en adolescentes y en las primeras fases del tratamiento, asociado al uso de estos fármacos. Lo usual en estos casos no es renunciar a los tratamientos, sino sopesar los riesgos y beneficios, informar, prevenir y respetar las decisiones autónomas que toma el paciente.

Hay otras fuentes de conflicto ético que resultan más inesperadas, como el de las personas de la comunidad sorda que rechazan los trasplantes de cóclea. Estas personas no ven la sordera como una discapacidad, sino como una especie de "identidad cultural". Para ellos, por lo tanto, los implantes son un caso de tecnología al servicio de la mejora de las cualidades humanas naturales.

Un caso extremo de ese concepto del mundo saltó a la luz

en 2006, cuando Sharon Duchschnau y Candace McCullough, dos mujeres homosexuales y sordas de nacimiento, seleccionaron el semen de un donante sordo para que sus hijos lo fueran también, aduciendo que la sordera es sólo una forma distinta de normalidad.

El filósofo Peter Singer comentó sobre aquel caso: "Los adultos pueden, si ése es su deseo, optar por taparse los oídos y utilizar el lenguaje de signos, pero esas madres están eligiendo deliberadamente reducir unas posibilidades que estarían abiertas a sus hijos". Y añadía: "Han privado a sus hijos de una capacidad, la de oír, que casi todo el mundo valora. Ellas aducen que la sordera es sólo una forma distinta de normalidad, pero decir que la capacidad de oír es neutral parece equivocado, puesto que es mejor tener más sentidos que vivir sin ellos. Sin ese sentido, no podemos oír cantar a los pájaros en el bosque, ni la música de Beethoven, ni un grito avisándonos de un peligro".

La polémica sobre aquella sorprendente decisión de la pareja desencadenó un debate ético en todo el mundo que todavía parece estar muy lejos de finalizar.

**EL PAÍS.COM**

Participe

¿Cree que los microchips pueden hacernos más inteligentes?

La neurociencia y la miniaturización son una gran promesa contra la parálisis

La mejora de la mente por estas vías exigiría experimentar con personas sanas

gundo caso, los riesgos se aceptan a cambio de mejorar la salud, o incluso de salvar la vida; pero esos mismos riesgos serían inaceptables en el primer supuesto".

En los dispositivos controlados por el cerebro —como las actuales prótesis mecánicas—, las señales emitidas por las neuronas deben ser interpretadas, o descodificadas, por un ordenador antes de poder ser

leídas por el miembro artificial. La función del ordenador es predecir los movimientos que el usuario quiere ejecutar. Y todo sistema de predicción tiene sus fallos.

"Eso conducirá a situaciones peligrosas, o como mínimo embarazosas", prevé el científico alemán. "¿Quién es responsable de un acto involuntario? ¿Ha sido culpa del ordenador o del cerebro? ¿Necesitará el usuario un carné de conducir y un seguro obligatorio para manejar una prótesis?".

Estos problemas son, en realidad, similares a los que se plantea la industria del automóvil respecto a los dispositivos automáticos de conducción. También recuerdan a las discusiones jurídicas suscitadas por la genética y las neurociencias. Pero los intentos de adjudicar la responsabilidad penal por un comportamiento delictivo a los genes del acusado, o a sus circuitos cerebrales,

Preocupan los efectos secundarios psiquiátricos que puedan acarrear

¿Hará falta un 'carné de conducir' para usar una prótesis?, se pregunta un experto

no han tenido éxito en ningún tribunal.

"Los humanos suelen manejar herramientas tan peligrosas e impredecibles como los coches y las pistolas", dice Clausen. "La interfase entre cerebro y máquina es un caso altamente sofisticado de uso de herramientas, pero no deja de ser un caso. A los ojos de la ley, la responsabilidad no debería ser mucho más difícil de esclarecer".

**Investigación** | Los prototipos de una silla de ruedas y un robot que se pueden controlar y dirigir con la mente y que han sido creados por un equipo de la Universidad de Zaragoza han saltado a los medios internacionales situando a Aragón a la vanguardia de la ciencia y la tecnología

# La robótica aragonesa da la vuelta al mundo

**D**e Zaragoza a Corea, pasando por Italia, Turquía o Vietnam. Dos prototipos de robótica creados por investigadores aragoneses han dado la vuelta al mundo en apenas seis meses y han acaparado páginas de diarios -escritos y digitales- y minutos de televisión en los cinco continentes. Los protagonistas y artífices de este éxito son dos ingenieros informáticos, Iñaki Iturrate y Carlos Escolano, que desarrollaron los prototipos como parte de sus proyectos fin de carrera; el profesor del departamento de Informática e Ingeniería de Sistemas de la Universidad de Zaragoza, Javier Minguez, que los ha dirigido; y el ingeniero de Telecomunicaciones, Mauricio Antelís, que ha colaborado con ellos.

Como adelantó HERALDO en noviembre, este equipo ha creado una silla de ruedas y un robot que pueden ser controlados y dirigidos con la mente. Dos prototipos pioneros en el mundo en los que los jóvenes trabajaron durante año y medio y que han situado a Aragón a la vanguardia de la investigación internacional. La principal novedad de estas máquinas es que con ellas se ha logrado *capturar la energía que una persona genera cuando piensa, enviarla a un ordenador y traducirla en acciones.*

Esto ha valido que la revista internacional sobre ciencia 'New Scientist' les dedicara un artículo y que dieran el salto también a los diarios británicos Daily Mail y Daily Telegraph, al italiano La Repubblica, y a medios como el Viet Times vietnamita o al coreano Dkb news, entre otros. "Nos han llamado hasta de la CBS -canal de televisión estadounidense-. Parece que en Aragón estamos en un rincón del mundo, pero así se ve que también somos punteros", explica Javier Minguez.

Para continuar con la divulgación de los prototipos y para conocer los avances en el sector, otros dos miembros del equipo, Iñaki Iturrate y Carlos Escolano, participarán del 12 al 17 en la 'International Conference on Robotics and Automation', el encuen-



**En Aragón.** Heraldo publicó por primera vez el 9 de noviembre de 2008 los detalles de la silla de ruedas y el robot diseñados y desarrollados por el equipo de investigadores de la Universidad de Zaragoza.

## LA NOTICIA EN OTROS PAISES



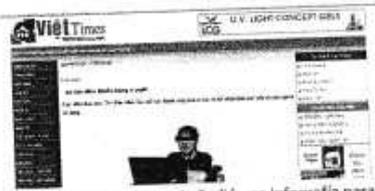
**Revista científica.** 'New Scientist' publicó el proyecto dirigido por Minguez el 2 de mayo en su web.



**Reino Unido.** El 'Daily Mail' resaltó los avances que se han hecho con el "poder del pensamiento".



**Italia.** El rotativo 'La Repubblica' destacó que el prototipo podría cambiar la vida de los inválidos.



**Vietnam.** El 'Viet Times' añadió una infografía para hablar del trabajo de los investigadores aragoneses.

## LA CLAVE DEL ÉXITO

### TRADUCIR EL PENSAMIENTO EN ACCIONES

La clave del éxito de este equipo consiste en haber capturado la energía eléctrica que una persona genera cuando piensa e introduciría en un ordenador dotado de inteligencia que la descifra y la convierte en acciones. Esa energía la registraron con un electroencefalograma. A unos voluntarios les pusieron un casco con electrodos que conectaban sus cabezas con un amplificador que transformaba los voltios generados por el pensamiento en un código binario como el que utilizan los ordenadores. Esa información se envía a un computador al que se le ha dotado de la suficiente inteligencia para procesar las señales e interpretarlas.

tro de robótica más importante del mundo y que este año se celebra en Kobe (Japón).

### Nueva empresa 'spin off'

Además de estos prototipos, en el departamento de Javier Minguez se está creando una empresa 'spin off' (que son las que nacen de proyectos de investigación) llamada Bit&Brain Technologies. Con ella se pretende transferir el conocimiento en el que se han basado la silla de ruedas y el robot, lo que se denomina interfaces cerebro-computador, es decir, captar la energía de los pensamientos y traducirlos en acciones. La intención es abarcar campos como el diseño industrial (para que en un coche se vea por ejemplo si el conductor está cómodo) o el 'neuro fit brain' (entrenamiento del cerebro para aplicarlo en niños con déficit de atención, entre otros).

P. CIRIA

# Una española recibe el primer trasplante de ambas manos

El hospital La Fe de Valencia realizó esta operación pionera que permite dar también antebrazos a una castellanense de 47 años

R. A.  
20 MINUTOS

Una vecina de Castellón de 47 años, Alba L. C., se convirtió hace diez días en la primera mujer del mundo en recibir un trasplante bilateral de antebrazos y manos. Alba perdió hace 28 años las extremidades por una explosión en una práctica en una clase de química.

La operación duró diez horas y fue desarrollada entre el 30 de noviembre y el 1 de diciembre en el hospital La Fe de Valencia por el equipo de cirugía reconstructiva de la Fundación Pedro Cavadas. La donante era una mujer más joven de una comunidad autónoma cercana.

## Hacia otro mundo

Alba, que podría ser dada de alta esta misma semana, aseguró ayer que está «atravesando los pasos hacia otro mundo». Según el cirujano Pedro Cavadas, la paciente «empezará a moverlos activamente en diez o doce



Alba L. C., ayer en el hospital. EFE

días», aunque la sensibilidad no llegará antes de cinco o seis meses. Asimismo, recordó que el riesgo de rechazo es el mismo que en cualquier trasplante, por lo que Alba recibirá medicación de por vida.

El trasplante, practicado seis centímetros por encima de la muñeca, requirió la reparación de arterias, venas nervios antes de fijar los huesos con placas y tornillos.

«He cambiado a una vida totalmente diferente»

## Sólo seis bilaterales a hombres

Hasta ahora sólo se habían realizado seis trasplantes bilaterales de mano en el mundo, y siempre a hombres, en Francia, Austria y China. En total, se han practicado 27 trasplantes de mano y sólo dos han desembocado en rechazo y porque el receptor no tomó la medicación, según Pedro Cavadas. Más de 250.000 españoles han recibido en los últimos 25 años el trasplante de algún órgano o tejido.