



79/2023

29 de septiembre de 2023

David Corral Hernández *

La última frontera, el cerebro[Visitar la WEB](#)[Recibir BOLETÍN ELECTRÓNICO](#)

La última frontera, el cerebro

Resumen:

La constante evolución, adaptación y superación son rasgos distintivos del ser humano. No somos la especie más numerosa, ni la más inteligente, ni la más fuerte, pero, un hecho diferencial nos ha hecho ser, desde hace milenios, la especie dominante en nuestro planeta: el «sapiens» que reside en nuestro cerebro tras una evolución de cientos de miles de años y que, aún, sigue avanzando. Esta inteligencia no solo nos ha hecho vivir como vivimos en nuestros días, en sociedades avanzadas conectadas en un mundo global, también, otra diferencia respecto a las demás especies y que es inmutable, es la competición por ir más allá, por la conquista de fronteras como los polos, la velocidad, las profundidades marinas o las alturas terrestres, el cosmos... o las relacionadas con la vida y el cómo somos. Y en ello, el cerebro y sus capacidades tienen un protagonismo singular. En el ámbito de defensa el salvar esta frontera tiene dos vertientes. Lo que conocemos, para curar heridas físicas y psicológicas, traumas que dañan vidas y cuestan enormes esfuerzos económicos y de especialistas en ayuda a los veteranos y víctimas. Lo que desconocemos, el potencial escondido que podría hacernos aún mejores y con mayores capacidades, sobre todo más inteligentes y, por tanto, superiores a nuestros congéneres, aquellos con los que convivimos y competimos en una tensión geopolítica sin fin.

Palabras clave:

Cerebro, neurociencia, China, EE. UU., Europa, hegemonía, tecnología.

The last frontier, the brain.

*NOTA: Las ideas contenidas en los **Documentos de Opinión** son responsabilidad de sus autores, sin que reflejen necesariamente el pensamiento del IEEE o del Ministerio de Defensa.

Abstract:

Constant evolution, adaptation and self-improvement are distinctive features of human beings. We are not the most numerous species, nor the most intelligent, nor the strongest, but a differential fact has made us, for millennia, the dominant species on our planet: the "sapiens" that resides in our brain after an evolution of hundreds of thousands of years and that still continues to advance. This intelligence has not only made us live as we do today, in advanced societies connected in a global world, but also, in another difference with respect to other species and which is immutable, in the competition to go beyond, to conquer frontiers such as the poles, speed, the depths of the sea or the heights of the earth, the cosmos... or those related to life and the way we are. And in this, the brain and its capabilities play a singular role. In the field of Defence, bridging this frontier is twofold. What we know, to heal physical and psychological wounds, traumas that damage lives and cost enormous economic and specialist efforts to help veterans and victims. What we do not know, the hidden potential that could make us even better and more capable, above all more intelligent and therefore superior to our fellow human beings, those with whom we coexist and compete in a never-ending geopolitical tension.

Keywords:

Brain. Neuroscience. China. USA. Europe. Hegemony. Technology.

Cómo citar este documento:

CORRAL HERNÁNDEZ, David. *La última frontera, el cerebro*. Documento de Opinión IEEE 79/2023. https://www.ieee.es/Galerias/fichero/docs_opinion/2023/DIEEEO79_2023_DAVCOR_Cerebro.pdf y/o [enlace bie³](#) (consultado día/mes/año)

Conociendo nuestro cerebro

El interés por saber qué tenemos dentro de la cabeza, en lo tangible e intangible, es tan antiguo como la curiosidad humana. Desde las trepanaciones y otras técnicas invasivas no muy consideradas con los sujetos de estudio, como corrientes eléctricas o uso de químicos, hasta las tecnologías más actuales dedicadas a explorar sutilmente los rincones de nuestros pensamientos, han sido múltiples las iniciativas y enormes los avances para desvelar las incógnitas. Las motivaciones, los resultados y las aplicaciones son tan dispares como lo somos los humanos... o los que han dejado de serlo, como el artista Neil Harbisson, que desde 2004 es oficialmente el primer cibernético¹ del mundo reconocido por un gobierno. Lleva implantada en la cabeza una antena que le conecta, directamente, con aparatos externos como móviles o satélites y con la que puede ver colores infrarrojos y ultravioletas.

Nombres para destacar por sus aportaciones científicas, positivas, hay en creciente número, pero sí que no debemos olvidar, por cercanía, uno fundamental, el considerado padre de la neurociencia, Santiago Ramón y Cajal. Fue un polifacético científico humanista que revolucionó el mundo de la investigación, por lo que fue reconocido en 1906 con el Premio Nobel de Medicina tras dar nombre a las neuronas y descubrir la sinapsis.

La materia gris, las neuronas... que fueron su objeto de estudio y que, en su conjunto, como cerebro, es el órgano central de nuestro sistema nervioso y el responsable de controlar nuestros actos voluntarios: el habla o la comunicación, el movimiento, la inteligencia, el pensamiento, la memoria, las emociones, las opiniones o procesar la información de los cinco sentidos. También, por si la responsabilidad fuera poca, de los inconscientes, cuestiones tan trascendentales como son la frecuencia cardíaca, la respiración, la digestión, la temperatura... Y aunque es un gran receptor y gestor, el cerebro, por sí mismo, no puede sentir dolor ya que no cuenta con receptores, solo interpreta las señales que recibe del resto del cuerpo, cuestión importante si se habla de combatientes y excombatientes.

¹ «Neil Harbisson, primer cibernético reconocido y artista contemporáneo», *Thinking Heads*. Disponible en: <https://thinkingheads.com/conferenciantes/neil-harbisson/> (consultado 1/9/23).

Estas actividades, conscientes o inconscientes, se comenzaron a conocer a partir de heridos en combate y lesiones traumáticas. Distintas zonas con daños cerebrales producían carencias en el habla, el reconocimiento de objetos, la desinhibición de comportamientos sociales, la ceguera al color o la percepción del movimiento. En siglos pasados se consideraba que el cerebro estaba especializado en zonas y compartimentos para diversas funciones. Hoy sabemos que la relación entre zonas cerebrales es más sofisticada. Es la actividad incesante del cerebro lo que construye el yo y sus comportamientos, en continuas simulaciones de la realidad desde dentro del cerebro. Junto con las experiencias externas del sujeto, eso articula lo que llamamos significado, aprendizaje o pensamiento.

Pero, pese a todo lo que conocemos, es más lo que desconocemos. El estudio del cerebro humano es una de las áreas menos exploradas de la ciencia y, aunque los descubrimientos en neurociencia se han disparado en las últimas décadas o la mayor parte de lo que sabemos del cerebro se ha descubierto en las últimas décadas, abundan los mitos, los errores o «hechos» que quedan desfasados según avanza la investigación, incluyendo en el ámbito de aplicaciones para entornos de defensa o de «inteligencia».

Entre las certezas está que el cerebro humano, y la manifestación más compleja de inteligencia que conocemos, están protegidos por una complicada defensa formada por barreras físicas como el cráneo, el líquido cefalorraquídeo y un conjunto único y singular en nuestros organismos de músculos y guardianes químicos o por algo más difuso y personal como es la personalidad individual.

No es un músculo, aunque sea habitual considerar así al elemento principal del Sistema Nervioso Central. Con un peso promedio de entre 1,3 y 1,5 kilogramos, varía según la edad y el género, apenas supone un 2 % de nuestra masa corporal y se considera plenamente maduro a los 25 años. Puede sorprender, pero un cerebro más grande no siempre significa ser mejor o más inteligente. Es el órgano más graso del cuerpo al concentrar el 25 % del colesterol del cuerpo, un elemento cuya ausencia puede provocar demencia o la muerte de las células cerebrales, de las que es una parte integral.

Formado por un 73 % de agua basta un 2 % de deshidratación para afectar a la atención, la memoria y otras capacidades cognitivas o acelerar el envejecimiento cerebral. Es un fascinante motor que consume aproximadamente el 50 % de la glucosa y el 20 % de la energía y el oxígeno totales del organismo. Precisamente el oxígeno es otra de las claves para la supervivencia, si se pierde el suministro constante durante un tiempo prolongado se pueden sufrir graves daños cerebrales, incluso la muerte.

El cerebro tiene un patrón de conectividad tan único y personal como las huellas dactilares. En él hay cerca de 10.000 tipos diferentes de neuronas y juntas suman, en una cifra que es estimada, 86.000 millones. Cada una de ellas puede transmitir 1.000 impulsos nerviosos por segundo y establecer decenas de miles de contactos sinápticos con otras neuronas para que la información viaje por nuestro cerebro a la nada desdeñable velocidad de 430 kilómetros por hora. Que de todo este potencial utilizamos un pequeño porcentaje de su capacidad, entre un 3 y un 10 %², hace ya tiempo que los estudios científicos demostraron que era un «neuromito»³. El ser humano utiliza casi el 100 % de sus capacidades cerebrales para poder llevar a cabo cualquier tipo de actividad, incluso cuando dormimos, haciendo además que seamos «de cerebro completo» y no, en otro mito, personas de personalidad o habilidades de cerebro izquierdo o derecho.

Históricamente ha sido comparado con las tecnologías más avanzadas del momento, como relojes o, más recientemente, procesadores y ordenadores. Teniendo en cuenta que la capacidad de almacenamiento cerebral se considera prácticamente ilimitada, al contrario que las memorias RAM de los dispositivos electrónicos, no deberá sonar extraña entonces la afirmación de que, en todos los aspectos en los que se ha puesto a prueba, el cerebro sigue siendo muy superior a los ordenadores más potentes que existen por capacidades, potencia... y versatilidad y resiliencia.

² HAMMOND, Claudia. «¿Realmente solo usamos el 10 % de nuestro cerebro?», *BBC*. 27/5/13. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/06/130524_mitos_medicos_diez_por_ciento_cerebro_finde (consultado 1/9/23).

³ VV. AA. *50 grandes mitos de la psicología popular*. Unebook. Disponible en: https://www.unebook.es/es/libro/50-grandes-mitos-de-la-psicologia-popular_72337 (consultado 1/9/23).

Nuestro «generador aleatorio de pensamientos» crea casi 50 pensamientos por minuto, unos 70.000 por día, según el Laboratorio de Neuroimagen de la Universidad del Sur de California⁴. También puede procesar una imagen que han visto los ojos en tan solo 13 milisegundos, aunque tarde un poco más, alrededor de 75, en llegar a la consciencia, mucho menos tiempo del que se tarda en parpadear. Este recuerdo, como todos los demás, se descompone y se distribuye en distintas zonas en un proceso que se revierte cuando queremos recuperarlo.

Hasta hace poco era un «hecho» que se nacía con un nivel determinado de inteligencia y un número de células cerebrales que nunca podía cambiarse. No es así, la plasticidad cerebral permite evoluciones a lo largo de la vida y, mediante un proceso conocido como neurogénesis, somos capaces de seguir fabricando nuevas neuronas. Para ello es necesario mantener disciplina y ser activos mentalmente, pero es indudable que la «vida moderna» está pasando factura. Contar con la omnipresencia en nuestro día a día de distintas tecnologías y aparatos puede facilitar actividades laborales y relaciones sociales. También nos obliga a ser multitarea y afecta, notablemente, a la capacidad de atención, la capacidad de aprendizaje, la memoria a corto plazo y el rendimiento mental en general. El cerebro puede alternar rápidamente entre tareas, lo que no es posible, con plenas garantías, es aprender ni concentrarse en dos cosas a la vez.

Un ejemplo claro del impacto tecnológico es el uso de los sistemas de geolocalización y navegación. Seguir sin dudar sus indicaciones destruye nuestro sentido innato de la orientación, una habilidad que nuestros antepasados tardaron miles de años en desarrollar. Llegar a nuestro destino sin utilizar las zonas del cerebro dedicadas a ello nos hace ganar tiempo y comodidad como también perder conexiones neuronales mediante un proceso que es conocido como poda sináptica. La exposición a frecuencias electromagnéticas, como las que emiten los teléfonos móviles y otros aparatos electrónicos que utilizamos habitualmente, afecta negativamente a más de 140 proteínas del cerebro.

⁴ «Self Talk Matters!», *The Research Group*. 1/2/22. Disponible en: <https://researchgrp.com/blog/self-talk-matters/> (consultado 1/9/23).

Y si hablamos de dietas encontramos que los ácidos grasos omega 3, tan presentes en nueces o pescados azules y aliados imprescindibles de la salud cardiovascular, no están tan presentes en muchas de las dietas o gastronomías actuales y su ausencia o bajos niveles, además de afectar al corazón, pueden provocar un encogimiento cerebral equivalente a dos años de envejecimiento estructural. En algunos casos se puede llegar a casos de «canibalización» de unas neuronas a otras como último recurso de energía para evitar la inanición, ya que no son capaces de almacenar energía. Así que, de forma literal, las dietas bajas en grasas pueden obligar al cerebro a comerse a sí mismo. Afortunadamente, existe un sistema de reserva. El hígado descompone la grasa almacenada para producir cuerpos cetónicos que pueden utilizarse como combustible sustitutivo cuando no se dispone de la glucosa sanguínea de uso común.

Otras causas de contracción cerebral son el estrés crónico y la depresión, pero el que no tiene el impacto que supuestamente le damos es el alcohol. No es un asesino de neuronas, lo que sí puede provocar su consumo excesivo es daños en el tejido conjuntivo del extremo de las neuronas o, en casos de borrachera, no que se olviden cosas vividas, es que bajo los efectos del alcohol el cerebro tiene dificultades para consolidar recuerdos. La barrera hematoencefálica protege el cerebro impidiendo que muchas sustancias extrañas o nocivas lleguen al cerebro a través del sistema vascular. Esta barrera, como todas, no es perfecta y por sus resquicios las sustancias pueden colarse. Estos huecos se aprovechan en la medicina buscando el bien, aunque encontramos que otras, no tan recomendables, como la nicotina, llega en apenas 7 segundos o el alcohol en 6 minutos.

Más allá de lo conocido

Entender qué sucede o cómo funciona «el objeto más complejo del universo», poder sacar información de los pensamientos o la memoria, poder introducirlos o llegar a manipularlos para condicionar conductas o mejorar capacidades son algunas de las áreas a las que, a lo largo de la historia, se han dedicado objetos cortantes, drogas o electricidad, entre otros recursos más o menos invasivos en manos de personas de cualificaciones y objetivos muy dispares.

En los ámbitos de defensa estas investigaciones o estudios tienen mucho interés por tener dos aplicaciones, la centrada en curar y la dedicada a combatir. En la primera por ser habituales los daños y traumatismos causados por explosiones, accidentes, impactos, edemas, las enfermedades infecciosas causadas por virus y bacterias, trastornos mentales como ansiedad, depresión, estrés postraumático... son lesiones que afectan a diversas zonas cerebrales provocando, entre otros efectos, pérdida de memoria y cognición, alteraciones en la personalidad y el estado de ánimo, irritabilidad, mermas o dificultades en la motricidad, problemas del sueño o, en casos más graves, daños irreversibles o la muerte por ausencia de actividad cerebral.

A evitarlos, paliarlos y combatirlos se dedican investigaciones, personal especializado como neurólogos, neurocirujanos, psiquiatras o psicólogos; medicinas y equipos de última generación, departamentos específicos y enormes cantidades presupuestarias. Baste como referencia que 1 de cada 6 veteranos estadounidenses de Iraq ha necesitado ayuda psicológica y/o psiquiátrica. Un campo apasionante es el borrado de recuerdos traumáticos. Ya hay medicamentos y tratamientos experimentales mediante optogenética, que consiguen apagar o encender zonas cerebrales u olvidar experiencias dolorosas. Un detalle importante, aunque el dolor se procesa en el cerebro, este no tiene receptores del dolor, por lo que es incapaz de sentirlo, pero sí la suma de estímulos que recibe de los vasos sanguíneos, los senos paranasales o los músculos cercanos.

El cerebro tiene una notable capacidad de adaptación para dar respuesta a las lesiones. Los daños o trastornos menos traumáticos pueden ser tratados, en casos concretos y con pronósticos que varían notablemente entre individuos, mediante fármacos o tratamientos de psicoterapia, entre otras opciones. En casos más complejos, las regiones sanas pueden asumir funciones que antes realizaban las partes dañadas, pero lo que no se ha conseguido, con múltiples debates éticos y pruebas en el camino, ha sido trasplantar un cerebro de un cuerpo o ser humano a otro. En los 70, en plena Guerra Fría entre las dos superpotencias, compitiendo en carreras como la espacial, etc. el neurocirujano estadounidense Robert J. White logró un avance insólito aún en nuestros días, ya que no han sido pocos los intentos. Fue un trasplante de «cuerpo»⁵ al conectar

⁵ JOHNSTON, Harriet. «The REAL Dr Frankenstein: Incredible story of American neuro-scientist and devout Catholic who dedicated his life to performing first human HEAD transplant - believing he could 'save the soul by transplanting

la cabeza de un mono en el cuerpo de otro. En los pocos días que sobrevivió pudo oler, morder, escuchar, ver... pero no se consiguió transmitir su cerebro y todo su contenido, como es en el caso humano la inteligencia, recuerdos... nuestra identidad o, para especialistas como el propio White, nuestra «alma».

El problema es reconectar la médula espinal y los millones de conexiones que controlan todas las funciones de nuestro cuerpo, aunque en este espinoso y polémico camino han quedado procedimientos quirúrgicos que sirven para salvar vidas. También se lleva décadas trabajando en algo que, quizá, suene menos complejo, trasplantar neuronas⁶. Estas, en el proceso que conocemos como neurogénesis, mueren y son sustituidas por otras. Para tratar enfermedades neurológicas y otros daños se está ensayando este tipo de intervención y, en un paso más allá, se está experimentando «añadiendo» IA.

Otro clásico es la estimulación del cerebro con electricidad, por ejemplo, como se utiliza desde hace décadas para tratar la enfermedad de Parkinson. Una nueva aplicación es la técnica DBS (Deep Brain Stimulation)⁷. Se emplean electrodos implantados para enviar corrientes leves de electricidad a una región específica para que personas que sufran parálisis por un trauma puedan recuperar el movimiento de manos y brazos. Solo en Estados Unidos hay ya más de 30.000 personas con un electrodo en el cerebro gracias a Brain Initiative⁸, un proyecto impulsado en 2013 por el entonces presidente Barack Obama cuyo objetivo es tener un mapa completo del cerebro, iniciativa muy similar a las europeas «proyecto Human Brain (HBP)»⁹ y «Ebrains»¹⁰ en fines y en grandes recursos económicos y tecnológicos dedicados. Iniciativas particulares en implantes cerebrales o neurales, microchips que se conectan directamente al cerebro para establecer una interfaz cerebro-ordenador, tienen entre las más conocidas a Neuralink de Elon Musk, pero también a la española InBrain.

the brain'», *Daily Mail*. 11/3/21. Disponible en: <https://www.dailymail.co.uk/femail/article-9346139/Extraordinary-life-Robert-White-life-ambition-transplant-human-brain.html> (consultado 1/9/23).

⁶ «A Tribute to Dr Robert J. White», *National Library of Medicine*. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30113671/> (consultado 1/9/23).

⁷ «Cerebellar deep brain stimulation for chronic post-stroke motor rehabilitation: a phase I trial», *Nature Medicine*. 14/8/23. Disponible en: <https://www.nature.com/articles/s41591-023-02507-0> (consultado 1/9/23).

⁸ National Institutes of Health (BRAIN) Initiative. Disponible en: <https://www.braininitiative.nih.gov> (consultado 1/9/23).

⁹ The Human Brain Project. Disponible en: <https://www.humanbrainproject.eu/en> (consultado 1/9/23).

¹⁰ Ebrains. Disponible en: <https://www.ebrains.eu> (consultado 1/9/23).

El cerebro en combate

Los gigantescos avances que se están dando en la neurociencia, un mercado que supondrá 30 billones de dólares en 2030, podrían tener un impacto dramático en la seguridad y la defensa. Un informe elaborado por la Royal Society británica investigando los posibles usos de la neurociencia en las fuerzas armadas considera que «hay dos objetivos principales en la investigación del cerebro: mejorar el rendimiento de nuestras propias fuerzas y mermar el de nuestros enemigos»¹¹.

La carrera histórica por la supremacía militar y tecnológica se aceleró durante la Guerra Fría con estadounidenses y soviéticos compitiendo por el cosmos, las profundidades marinas o cualquier avance, fuese en el campo que fuese, que pudiera proporcionar ventaja y propaganda. La posibilidad de controlar la mente humana, en este contexto de enfrentamiento, justificó que las dos grandes superpotencias dedicasen presupuestos millonarios a proyectos muy variados, algunos incluso de legalidad y ética más que cuestionables. Ante el temor de que Moscú fuese por delante, Washington, a través de la Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA)¹², la agencia del Departamento de Defensa de Estados Unidos responsable del desarrollo de nuevas tecnologías para uso militar, o de la CIA, financió desde la década de los cincuenta cientos de proyectos muy diversos en los que estuvieron implicados investigadores, universidades, empresas, etc. Una parte muy importante de esos experimentos se ha centrado en el uso de sustancias químicas como el LSD, el modafinilo o el ritalin para mejorar el rendimiento, potenciar las facultades cognitivas o para modificar la ideología y el modo de pensar de la gente¹³. Otros campos de investigación para aumentar el rendimiento de las fuerzas propias o disminuir capacidades de los adversarios en tareas cognitivas y físicas clave son sistemas que puedan interpretar el estado mental de una persona o leer sus pensamientos, comunicaciones «telepáticas»¹⁴, interferir o controlar

¹¹ «Los soldados podrán manejar armas con la mente», *BBC*. 7/0/12. Disponible en: https://www.bbc.com/mundo/noticias/2012/02/120207_neurociencia_usos_militares_men (consultado 1/9/23).

¹² REQUARTH, Tim. «This is Your Brain. This is Your Brain as a Weapon», *ForeignPolicy*. Disponible en: <https://foreignpolicy.com/2015/09/14/this-is-your-brain-this-is-your-brain-as-a-weapon-darpa-dual-use-neuroscience/> (consultado 1/9/23).

¹³ NUWER, Rachel. «How a dose of MDMA transformed a white supremacist», *BBC*. 15/6/23. Disponible en: <https://www.bbc.com/future/article/20230614-how-a-dose-of-mdma-transformed-a-white-supremacist> (consultado 1/9/23).

¹⁴ EVERSDEN, Andrew. «Could soldiers silently communicate using brain signals in the future?», *C4ISRNET*. 25/11/20. Disponible en: <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/it-networks/2020/11/25/could-soldiers-silently-communicate-using-brain-signals-in-the-future/> (consultado 1/9/23).

decisiones, reducir la fatiga y aumentar o mantener la atención, dispositivos capaces de potenciar sentidos naturales como el oído y la vista o de conectar con máquinas para que sean controladas por la mente a través de implantes neuronales.

El National Research Council of the National Academies of Science consideraba, en 2008, que existía potencial para aplicaciones militares y bélicas pero que, aún, no eran totalmente viables para su uso operativo. Pocos años después, en 2014, en el informe *Emerging and Readily Available Technologies and National Security: A Framework for Addressing Ethical, Legal and Societal Issues*¹⁵, se sumaba a las evaluaciones del Estado Mayor Conjunto afirmando que los avances habían progresado tanto que ya convertían a la neurociencia en algo viable, con valor definitivo y que constituía una preocupación realista para las fuerzas armadas.

En 2001 el paraguas de inversiones militares puso en marcha un programa para «desarrollar tecnologías que aumentasen la capacidad de los combatientes» siendo en 2011 el presupuesto que tenía DARPA, inventores entre otros avances del GPS o de Internet, solo para investigación en neurociencia cognitiva de más de 240 millones de dólares, cantidad que se ha multiplicado considerablemente. En nuestros días, con el proyecto BrainSTORMS, quieren monitorizar los miles de millones de neuronas de nuestro cerebro empleando nanopartículas y campos magnéticos. Es uno más de los múltiples proyectos en marcha en EE. UU., como un sistema para la comunicación entre el cerebro y ordenadores para controlar máquinas y sistemas de combate, la observación de las capacidades cognitivas en tiempo real basada en la interpretación que hace un algoritmo de las ondas cerebrales¹⁶, un sistema del Army Research Office (ARO), que permita a los soldados comunicarse entre sí a través de sus pensamientos¹⁷, el desarrollo de una máquina que imite al neocórtex humano (responsable de todas nuestras habilidades de razonamiento superior, como el lenguaje y el pensamiento consciente) o el informe elaborado por el Mando de Desarrollo de Habilidades de Combate (DEVCOM)

¹⁵ *Emerging and Readily Available Technologies and National Security: A Framework for Addressing Ethical, Legal, and Societal Issues*. National Academies, 2014. Disponible en: <https://nap.nationalacademies.org/catalog/18512/emerging-and-readily-available-technologies-and-national-security-a-framework> (consultado 1/9/23).

¹⁶ *Driver Drowsiness Estimation from EEG Signals Using Online Weighted Adaptation Regularization for Regression (OwARR)*. ARXIV, 9/2/17. Disponible en: <https://arxiv.org/pdf/1702.02901.pdf> (consultado 1/9/23).

¹⁷ EVERSDEN, Andrew. «Could soldiers silently communicate using brain signals in the future?», *C4ISRNET*. 25/11/20. Disponible en: <https://www.c4isrnet.com/battlefield-tech/it-networks/2020/11/25/could-soldiers-silently-communicate-using-brain-signals-in-the-future/> (consultado 1/9/23).

titulado *Cyborg Soldado 2050: la fusión de humanos y máquinas y sus implicaciones para el futuro del Departamento de Defensa*¹⁸. Para el general Robert S. Scales «la victoria a largo término dependerá de la capacidad de influenciar, afectar, cambiar o impactar el dominio cognitivo».

Hoy esa carrera en la que «el cerebro humano se ha convertido en el campo de batalla del siglo XXI», como afirma el neurocientífico estadounidense James Giordano¹⁹, es, como muchas otras, una competición en la que Estados Unidos se enfrenta a desafíos sin precedentes a su superioridad militar y tecnológica, una ventaja incontestable de la que había disfrutado en la historia reciente y que hoy tiene a China como principal adversario. Inteligencia artificial, aeronáutica, computación cuántica, genética y otras tecnologías emergentes vitales para la sociedad del siglo XXI, como evidentemente lo son las relacionadas con el cerebro, están siendo lideradas por la República Popular China, que encuentra en esta revolución tecnológica una oportunidad única para lograr el predominio.

Pekín ha mantenido históricamente la idea de «ganar sin luchar» como un elemento tradicional de su pensamiento estratégico y ahora consideran que «el último dominio de la confrontación militar entre grandes potencias» es la guerra cognitiva, una forma de guerra no convencional que incluye todo tipo de recursos científicos y tecnológicos con los que alterar los procesos cerebrales del enemigo, explotar sus sesgos mentales, provocar distorsiones del razonamiento o influir en la toma de decisiones individuales y colectivas para neutralizar o alterar iniciativas.

El Ejército Popular de Liberación chino ha estado explorando activamente nuevas teorías, capacidades y tecnologías que se consideran fundamentales para contar con una futura ventaja operativa, buscando sinergias entre neurotecnología, la IA y la biotecnología, que puedan favorecer su poder militar y la competitividad nacional. Según el teniente general Liu Guozhi, director de la Comisión de Ciencia y Tecnología de la Comisión Militar Central, «la IA acelerará el proceso de transformación militar, conduciendo en última instancia a una profunda revolución... La combinación de

¹⁸ «CCDC CBC-TR-1599, *Cyborg Soldier 2050: Human/Machine Fusion and the Implications for the Future of the DOD*», APAN. Disponible en: <https://community.apan.org/wg/tradoc-g2/mad-scientist/m/articles-of-interest/300458#> (consultado 1/9/23).

¹⁹ «James Giordano, PhD, MPhil», *Georgetown University*. Disponible en: <https://clinicalbioethics.georgetown.edu/JGiordano/> (consultado 1/9/23).

inteligencia artificial e inteligencia humana puede alcanzar lo óptimo, pero la inteligencia híbrida hombre-máquina será la forma más elevada de inteligencia futura». Los científicos y estrategias militares chinos prevén que esta revolución en la guerra exigirá también la transformación del elemento humano de la guerra y que, estas futuras operaciones inteligentes, impliquen la autonomía de sistemas de armas en condiciones de integración multidominio y con un mando ejercido por el tándem cerebro-máquina apoyado por la infraestructura de la «nube». Para el general He Fuchu: «La esfera de operaciones se ampliará del dominio físico y del dominio de la información al dominio de la conciencia; el cerebro humano se convertirá en un nuevo espacio de combate». En consecuencia, el éxito en el futuro campo de batalla requerirá alcanzar no solo el «dominio biológico» sino también el «dominio mental/cognitivo» y el «dominio de la inteligencia».

Un informe²⁰, publicado por el Ejército Popular de Liberación en 2018, detallaba posibles usos militares de la neurociencia, como mejorar capacidades de sus soldados o atacar mentes de las fuerzas enemigas, aunque en él no se mencionaba específicamente un arma de control mental. Su apuesta más ambiciosa es, sin embargo, más científica y entra en directa competición con los principales proyectos de neurociencia internacionales. El último plan quinquenal ha destinado 5.000 millones de yuanes (cerca de 750 millones de dólares) al Proyecto Cerebro de China, competidor en fines y presupuestos con el Proyecto Cerebro Humano de la UE y el estadounidense BRAIN (Brain Research Through Advancing Innovative Neurotechnologies), ambos dotados con partidas presupuestarias millonarias para los próximos años. Por si hay dudas de su voluntad, el Gobierno chino ha declarado, explícitamente, que su objetivo es establecer un liderazgo definido en las ciencias del cerebro y todas sus aplicaciones en 2030.

Un mayor conocimiento de la mente, la conciencia, las ideas, los pensamientos... proporcionará una ventaja obvia en la que podría ser en una característica de los conflictos del futuro en los que la «confrontación mental» implicará el ataque, la defensa y la mejora del cerebro. Estar preparados mentalmente, al igual que físicamente o en conocimientos e instrucción, será crucial para el desempeño de cualquier ejército. Las

²⁰ «Military Brain Science – How to influence future wars», *Chinese Journal of Traumatology*. 5/10/18. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1008127517303188> (consultado 1/9/23).

Fuerzas Armadas españolas cuentan con varios estudios y guías de «buenas prácticas»²¹ publicados y disponibles²².

Un pensamiento ético

La Organización del Tratado del Atlántico Norte (OTAN) ha contemplado tradicionalmente en su doctrina cinco «escenarios de operaciones» de enfrentamiento: los famosos por tierra, mar y aire junto al ciberespacio y el espacio exterior. En la década de los 20 de este siglo XXI los avances y aplicaciones de la neurociencia en el ámbito militar han hecho de ella que sea ya denominada la «sexta dimensión» de los conflictos. Lo que está en juego en esta competición en el ámbito cognitivo puede ser realmente trascendental. François du Cluzel, jefe de proyecto del NATO Act Innovation Hub, publicó en noviembre de 2020 un informe titulado *Cognitive Warfare (Guerra cognitiva)* que, según él, «no se limita al mundo militar o institucional. Desde principios de los años 90 esta capacidad tiende a aplicarse a los ámbitos político, económico, cultural y social»²³. Para la Academia China de Ciencias Militares «la confrontación militar, en la superficie, es una confrontación entre el poder de dos partes, pero en un nivel más profundo, no importa cuál sea la naturaleza de la guerra y el propósito, es en última instancia una contienda de voluntad humana». Tal como se recoge en el documento *Implicaciones del ámbito cognitivo en las Operaciones Militares* del CESEDEN «los aspectos psicológicos implicados en el ámbito cognitivo de las operaciones, junto con otros como la información y la tecnología, resultan de suma importancia ya que dicho ámbito afecta a las percepciones, actitudes, emociones, motivaciones y comportamiento de las personas, consideradas tanto en grupo como individualmente»²⁴.

Los avances en neurociencia podrían utilizarse para crear «supersoldados», enlazar cerebros a sistemas de armas o de mando y control o, incluso, manipular a militares,

²¹ Disponible en: http://www.portalcultura.mde.es/Galerias/publicaciones/fichero/Psicologia_FAS.pdf (consultado 1/9/23).

²² GASCÓN, Ricardo. *Entrenamiento psicológico en las Unidades para minimizar los riesgos del estrés de combate*. Universidad de Zaragoza, 2016. Disponible en: <https://zaguan.unizar.es/record/99040/files/TAZ-TFG-2016-4043.pdf> (consultado 1/9/23).

²³ *Cognitive Warfare: La guerre cognitive*. OTAN, 2021. Disponible en: <https://www.innovationhub-act.org/sites/default/files/2021-10/NATO-CSO-CW%202021-10-26.pdf> (consultado 1/9/23).

²⁴ VV. AA. *Implicaciones del ámbito cognitivo en las Operaciones Militares*. IEEE 12/16/20. Disponible en: <https://www.ieee.es/publicaciones-new/documentos-de-trabajo/2020/DIEEET01-2020ImplicacionesAmbitoCognitivoOperacionesMilitares.html> (consultado 1/9/23).

unidades o mandos para que realicen acciones que, normalmente o dentro de la lógica, no se supone que harían. Lo novedoso de las nuevas estrategias de conquista, con las que se pretende obtener una ventaja clara, si no la hegemonía, es que desde hace unos pocos años se trabaja en conjunto con inteligencia artificial y *big data* para fusionarlos con las llamadas tecnologías NBIC (nano-bio-info-cognitivo), las ciencias y tecnologías de la información y la comunicación (STIC) y las ciencias humanas y sociales (SHS). Capacidades más sofisticadas, accesibles y rápidas habilitarán la explotación de métodos y tecnologías neurocientíficas para acceder al cerebro y evaluar y manipular sus funciones de cognición, emoción y comportamiento. Fármacos, estimulación eléctrica o magnética, implantes neurológicos o neurotecnología como la neuroretroalimentación serán los caballos de batalla que entrenarán y optimizarán el rendimiento de los combatientes, que facilitarán el control de aparatos de combate con interfaces cerebro-ordenador o ataques con «neuroarmas», un arsenal de agentes como virus, toxinas, bacterias o fármacos que afectan al sistema nervioso y modifican comportamientos, decisiones, recuerdos... o la propia vida hasta ser letales para los adversarios. Actualmente las responsabilidades son claras como son claras las normas de enfrentamiento, pero si la orden la ha dado el subconsciente... la claridad se desvanece.

La preocupación por este vertiginoso progreso de la neurociencia y sus aplicaciones en el campo militar, al igual que la automatización del armamento o la robótica, está suscitando un creciente debate por su uso, con «ética», en entornos militares y de seguridad, especialmente en lo que se refiera a civiles, no combatientes o heridos. A mediados del pasado mes de julio en una reunión celebrada en París por la UNESCO, la agencia científica y cultural de las Naciones Unidas, los delegados de los países miembros, neurocientíficos, especialistas en ética y en otras materias plantearon los pasos iniciales en la regulación de las «neurotecnologías», las técnicas y dispositivos que interactúen directamente con el cerebro para controlar o modificar su actividad explotando sus vulnerabilidades.

Estos «neuroderechos», fundamentales e inéditos, deberán proteger el acceso a datos hasta ahora desconocidos, íntimos y ocultos como sucede en el caso de acceso al contenido de un cerebro. Los aspectos básicos e inalienables son la privacidad y el consentimiento (la capacidad y el derecho de mantener la privacidad de los datos

neuronales, que multiplican la cantidad y calidad de información personal disponible, y que deba existir consentimiento y un marco legal claro); identidad personal; libre albedrío; acceso equitativo y la no discriminación.

Existe además otro riesgo, una amenaza llamada *brainjacking*. Al igual que otros dispositivos, los implantes o los datos que circulen por redes conectadas están expuestos a ciberataques en los que los *hackers* pueden obtener información sin consentimiento o llegar a «manipular» a las personas conectadas. En ausencia de un marco global como la *Declaración de Derechos Humanos* podríamos encontrarnos con desequilibrios de acceso tecnológico o por umbral económico y a aplicaciones desiguales de las leyes, o a su no aplicación por inexistencia, que acabasen con los derechos neuronales propios no reconocidos o rechazados en otros países. Llegados a este punto, y aún con la posibilidad de tomar decisiones sobre cómo y quién puede hacer qué con los cerebros y sus inmensas capacidades, quizá sea el momento, como dice la popular frase de «darle una pensada».

*David Corral Hernández**
Periodista RTVE