

Interfaces cerebro-ordenador: De la rehabilitación motora al estudio de procesos cognitivos

Pablo Rodríguez-San Esteban[1], José Andrés González-López[2] y Ana B. Chica[1]
[1] Dept. de Psicología Experimental, y Centro de Investigación Mente, Cerebro y Comportamiento, Universidad de Granada, España
[2] Dept. de Teoría de la Señal, Telemática y Comunicaciones, y Centro de Investigación en Tecnologías de la Información y la Comunicación, Universidad de Granada, España

Tipo de artículo: Actualidad.
Disciplinas: Psicología, Neurociencias.
Etiquetas: percepción, consciencia, decodificación, interfaces cerebro-ordenador.

Las interfaces cerebro-ordenador (BCI, por sus siglas en inglés) han ido más allá de su función original como prótesis de comunicación motora y cada vez más se utilizan para registrar y decodificar la actividad neural asociada a procesos cognitivos complejos como la percepción consciente, la imaginería mental o el habla y el lenguaje, tanto en personas sanas como en pacientes con trastornos de la consciencia. En estos últimos, donde el diagnóstico erróneo es frecuente, las BCI ofrecen una vía objetiva e independiente para evaluar si existe actividad cognitiva preservada, con implicaciones directas para el diagnóstico y la neurorrehabilitación.


(cc) Pablo Rodríguez.

Las interfaces cerebro-ordenador (BCI, del inglés Brain-Computer Interface) son sistemas diseñados para traducir la actividad eléctrica del cerebro en comandos capaces de controlar dispositivos externos. Imagina a una persona que no puede mover ningún músculo, pero que logra deletrear una palabra o mover una silla de ruedas simplemente pensando en ello. Eso es, en esencia, lo que hace una BCI.

Rodríguez-San Esteban, P., González-López, J. A., & Chica, A. B. (2026). Interfaces cerebro-ordenador: De la rehabilitación motora al estudio de procesos cognitivos. *Ciencia Cognitiva*, 20:3, 85-87.

CC BY

Tradicionalmente, su desarrollo se ha centrado en el ámbito de las funciones motoras. Sin embargo, en los últimos años la Neurociencia Cognitiva ha comenzado a sacarle más partido a este paradigma. Las BCI ya no solo sirven para que el cerebro actúe sobre el entorno; también podemos utilizarlas como sofisticadas herramientas de lectura capaces de decodificar los correlatos neurales de procesos cognitivos más complejos, como la percepción consciente, entendida como la experiencia subjetiva que cada persona tiene sobre la información que llega a sus sentidos.

Investigar qué procesos cerebrales diferencian una experiencia consciente de una inconsciente es uno de los grandes desafíos de la neurociencia (Jimenez et al., 2025). Tradicionalmente, estos estudios han dependido de los reportes verbales o conductuales de los participantes. Las BCI abren una vía de acceso a los contenidos mentales analizando la actividad cerebral a través de señales del electroencefalograma (EEG) o resonancia magnética funcional. Para ello se utiliza lo que conocemos como decodificación neural, que combina señales electrofisiológicas con modelos de aprendizaje automático para inferir qué información se está representando en el cerebro.

Una cuestión clave a la que se ha aplicado este tipo de técnicas es conocer si nuestro cerebro procesa de la misma manera lo que percibimos del mundo exterior y las representaciones que generamos internamente a través de la imaginación. Kilmarx et al. (2024) evaluaron la viabilidad de clasificar mediante EEG la imaginería visual frente a la percepción directa. Sus resultados revelaron un solapamiento en el procesamiento, ya que ambas condiciones activaban áreas occipitales, mientras que la imaginería mental mostraba una activación más robusta en regiones frontales. Este solapamiento entre los procesos internos y externos no se limita a la visión; en el ámbito del lenguaje también se han encontrado resultados robustos, demostrando que es posible discriminar fonemas y palabras imaginadas con precisiones superiores al 90% (Card et al., 2024).

La validación de estos sistemas en poblaciones sanas tiene un gran potencial de transferencia al entorno clínico, específicamente en el tratamiento de los trastornos de la consciencia, que engloban condiciones como el estado vegetativo (síndrome de vigilia sin respuesta) y estados de mínima consciencia. El mayor reto clínico en estos pacientes es el diagnóstico erróneo, que llega a alcanzar el 40% (Schnakers et al., 2009) debido a que muchas evaluaciones tradicionales se basan en la capacidad del paciente para moverse o emitir respuestas conductuales.

Las BCI han proporcionado evidencia de que un porcentaje significativo de estos pacientes presenta una disociación cognitivo-motora; es decir, preservan capacidades cognitivas e hilos de consciencia interna, pero sus vías motoras están dañadas, impidiéndoles demostrarlo (Cruse et al., 2011). Utilizando paradigmas diseñados originalmente en personas sanas (como pedirle a la persona que imagine que juega al tenis o que cuente mentalmente ciertos estímulos), las BCI pueden registrar si la corteza premotora o las áreas auditivas se activan de manera voluntaria siguiendo las instrucciones (Noirhomme et al., 2013). Si el algoritmo detecta un patrón de clasificación consistente, se obtiene una prueba objetiva e independiente de que la persona está consciente y comprende órdenes.

Para maximizar la precisión en entornos clínicos donde las señales biológicas suelen ser débiles o inestables, la tecnología ha evolucionado hacia sistemas híbridos y modelos de aprendizaje profundo. Recientemente, se ha incorporado el uso de modelos basados en aprendizaje con pocos ejemplos (few-shot learning). Estos algoritmos se entrenan primero con grandes cantidades de datos generales y después se adaptan a nuevas tareas utilizando solo unos pocos ejemplos. En el caso de las BCIs, esto significa que pueden aprender a reconocer patrones de actividad cerebral de un paciente con muy poco tiempo de registro, del mismo modo que una persona puede reconocer una cara nueva tras verla solo unas pocas veces. Esto permite clasificar la actividad consciente del paciente de forma online y con una cantidad mínima de datos de entrenamiento, superando las limitaciones físicas de las sesiones prolongadas (Pan et al., 2023). No obstante, la aplicación de estos sistemas en entornos clínicos sigue enfrentando desafíos importantes, como la alta

CC BY

variabilidad interpaciente, la dependencia de los paradigmas utilizados y la posibilidad de falsos negativos en pacientes con respuestas neurales débiles o inestables.

Las BCI se están consolidando como herramientas fundamentales para el estudio de la actividad cognitiva. Al permitirnos cartografiar y distinguir la percepción real de la imaginada en personas sanas, no solo enriquecen los modelos teóricos sobre procesos como la percepción y la consciencia, sino que permiten crear y mejorar herramientas críticas para diagnosticar, evaluar el pronóstico a largo plazo e incluso guiar la neurorrehabilitación.

Agradecimientos

Este trabajo ha contado con el apoyo de una Beca SEPEX para la Difusión de Trabajos de Investigación (convocatoria 2025–2026), concedida por la Sociedad Española de Psicología Experimental a Pablo Rodríguez San Esteban.

Referencias

Card, N. S., et al. (2024). An accurate and rapidly calibrating speech neuroprosthesis. *New England Journal of Medicine*, 391, 609–618.

Cruse, D., et al. (2011). Bedside detection of awareness in the vegetative state: a cohort study. *The Lancet*, 378, 2088–2094.

Jimenez, M., et al. (2025). New methods, old questions: Advancing the study of unconscious perception. Frontiers in Psychology, 16, 1626223.

Kilmarx, J., et al. (2024). Evaluating the feasibility of visual imagery for an EEG-based brain–computer interface. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 32, 2209–2219.

Noirhomme, Q., et al. (2013). Detecting consciousness with a brain-computer interface. En J. L. Pons et al. (Eds.), *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation* (Version 7030, Vol. 1, pp. 1261–1264). Springer Berlin Heidelberg.

Pan, J., et al. (2023). Multiple scale convolutional few-shot learning networks for online P300-based brain–computer interface and its application to patients with disorder of consciousness. *IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement*, 72.

Schnakers, C., et al. (2009). Diagnostic accuracy of the vegetative and minimally conscious state: Clinical consensus versus standardized neurobehavioral assessment. *BMC Neurology*, 9, 35.

Manuscrito recibido el 9 de junio de 2026.
Aceptado el 23 de julio de 2026.