

actividad eléctrica del cerebro – electrical activity of the brain

Authored by
memjavad

January 14, 2026

RECOMMENDED CITATION

memjavad (2026). *actividad eléctrica del cerebro – electrical activity of the brain*. Spanish Psychological Databases. Retrieved from <https://spanish.arabpsychology.com/?p=8326>

Actividad Eléctrica del Cerebro

Primary Disciplinary Field(s): Neurociencia, Fisiología, Psicofisiología

1. Definición Central

La actividad eléctrica del cerebro, un fenómeno fundamental en la neurociencia, se refiere a las fluctuaciones de voltaje generadas por el flujo de corrientes iónicas dentro y entre las neuronas del sistema nervioso central. Esta actividad no representa la descarga individual de un potencial de acción, sino más bien la suma sincrónica y masiva de los potenciales postsinápticos (PPS) de miles o incluso millones de neuronas, principalmente las células piramidales corticales, que están orientadas perpendicularmente a la superficie del cerebro. Este proceso de sumación es crucial, ya que los potenciales de acción individuales son eventos rápidos y localizados que generalmente se cancelan mutuamente en la distancia, mientras que los PPS son más lentos, duraderos y generan campos eléctricos que pueden ser detectados a través del cuero cabelludo. La medición de esta actividad integrada proporciona una ventana indirecta pero poderosa hacia los procesos de comunicación y computación neuronal subyacentes, reflejando el estado funcional y cognitivo del organismo en un momento dado. Es el lenguaje observable del cerebro en funcionamiento, esencial para la comprensión de funciones como la [conciencia](#), el sueño y la cognición.

Esta actividad eléctrica se manifiesta en dos formas principales: la actividad espontánea y la actividad evocada. La actividad espontánea, o [electroencefalograma](#) (EEG) de fondo, es el patrón rítmico continuo que persiste incluso en ausencia de estímulos externos explícitos, variando drásticamente según el estado de alerta (vigilia, sueño, anestesia). Por otro lado, la actividad evocada (o potenciales relacionados con eventos, PRE) son respuestas transitorias y específicas que se producen inmediatamente después de la presentación de un estímulo sensorial, motor o cognitivo. Ambos tipos de actividad son el resultado de la compleja interacción entre neuronas excitadoras (glutamatérgicas) e inhibitoras (GABAérgicas), regulando la excitabilidad cortical y permitiendo la formación de oscilaciones rítmicas que actúan como mecanismos de coordinación temporal para el procesamiento de la información. La detección y análisis de estas señales eléctricas es la base de gran parte de la investigación neurocientífica y el diagnóstico clínico en neurología.

Para que la actividad eléctrica sea registrada en la superficie del cuero cabelludo, es imprescindible la existencia de una población neuronal extensa que se active de manera coherente y simultánea. Las [neuronas piramidales](#) de la corteza cerebral cumplen este requisito, ya que sus dendritas apicales están alineadas de forma paralela, creando dipolos eléctricos que se suman linealmente. Esta organización anatómica facilita que los campos eléctricos generados viajen a través de las meninges, el cráneo y el cuero cabelludo (fenómeno conocido como conducción de volumen) hasta los electrodos de registro. La intensidad y la frecuencia de esta

actividad son altamente sensibles a factores metabólicos, químicos y farmacológicos, lo que subraya su rol como un biomarcador dinámico del estado fisiológico del cerebro. Comprender la naturaleza de estos voltajes oscilatorios es fundamental para descifrar cómo el cerebro codifica y procesa la información sensorial y genera respuestas motoras.

2. Fundamentos Neurofisiológicos

El origen de las señales eléctricas detectables externamente reside en los cambios de potencial de membrana que ocurren en las dendritas de las neuronas, particularmente los potenciales postsinápticos (PPS). Cuando un neurotransmisor se une a un receptor en la membrana postsináptica, provoca la apertura de canales iónicos, resultando en un influjo o eflujo de iones (como Na⁺, K⁺, Cl⁻). Si el flujo iónico resulta en despolarización, se genera un Potencial Postsináptico Excitatorio (PPSE); si resulta en hiperpolarización, un Potencial Postsináptico Inhibitorio (PPSI). Estos PPS son lentos, graduados y pueden durar decenas o cientos de milisegundos, a diferencia del potencial de acción, que es un evento de todo o nada de solo unos pocos milisegundos. La larga duración de los PPS permite que se sumen temporal y espacialmente, creando un dipolo de corriente significativo entre las dendritas (donde ocurren los PPS) y el soma de la neurona.

La clave para la generación de una señal macroscópica radica en la **sincronización neuronal**. Si un gran número de neuronas, que actúan como pequeños generadores de corriente, se activan simultáneamente y de manera organizada, sus campos eléctricos se refuerzan mutuamente. Esta sincronización está orquestada por redes neuronales complejas que involucran neuronas de proyección corticales y núcleos subcorticales, especialmente el tálamo, que actúa como un marcapasos crucial para muchos ritmos corticales. La actividad oscilatoria observada en el EEG es, por lo tanto, el resultado de la retroalimentación continua y regulada entre poblaciones neuronales excitatorias e inhibitorias, creando un ritmo cíclico de excitación e inactivación. Un fallo en esta coordinación puede manifestarse como actividad patológica, como las descargas hipsincrónicas características de la epilepsia.

Es importante distinguir entre la actividad eléctrica que se propaga a lo largo de los axones (potenciales de acción) y la actividad que se registra en el EEG (potenciales postsinápticos). Aunque el potencial de acción es el mecanismo primario de transferencia de información entre neuronas distantes, su contribución directa a la señal EEG es mínima debido a su corta duración y la orientación radial de los axones, que impide una sumación coherente del campo eléctrico. En contraste, el **Potencial de Campo Local** (LFP), que refleja la actividad sináptica y los potenciales de membrana de la población neuronal circundante, es el correlato directo de la señal EEG. Los LFP, medidos intracranealmente, muestran una correlación espacial y temporal estrecha con las señales recogidas en la superficie, confirmando que la actividad eléctrica del cerebro es esencialmente la manifestación de la actividad integradora y moduladora de las sinapsis.

3. Desarrollo Histórico y Metodológico

El descubrimiento de la actividad eléctrica cerebral se remonta al siglo XIX. El médico y fisiólogo británico Richard Caton fue el primero en demostrar, en 1875, que la superficie del cerebro de conejos y monos exhibía fluctuaciones eléctricas espontáneas que cambiaban con la luz o la estimulación sensorial. Aunque Caton sentó las bases, sus hallazgos permanecieron relativamente oscuros en su época. No fue hasta 1929 cuando el psiquiatra alemán [Hans Berger](#) publicó sus resultados sobre la medición de estas fluctuaciones en humanos, acuñando el término "Electroencefalografía" (EEG). Berger no solo confirmó la existencia de la actividad eléctrica humana, sino que también identificó los primeros ritmos cerebrales, notablemente el "ritmo alfa" (que él llamó "onda Berger"), marcando el inicio formal de la electrofisiología clínica y humana.

La metodología del registro ha evolucionado drásticamente desde los galvanómetros de Berger hasta los sistemas digitales modernos. Inicialmente, el registro era manual y lento. La introducción de los amplificadores diferenciales y los sistemas de papel multi-canal en las décadas de 1930 y 1940 permitió a investigadores como Edgar Adrian y Hallowell Davis confirmar y expandir los hallazgos de Berger, estableciendo la correlación entre los ritmos cerebrales y los estados de vigilia y sueño. El desarrollo de la [potencial evocado](#) (PE) en la década de 1950, que utiliza la promediación de múltiples ensayos para extraer respuestas neuronales pequeñas y específicas del ruido de fondo del EEG, revolucionó el estudio de la percepción y la cognición. Esta técnica permitió, por primera vez, vincular eventos cognitivos internos (como la atención o la expectativa) con componentes eléctricos específicos, como la onda P300.

En el ámbito metodológico, la necesidad de mejorar la resolución espacial del EEG llevó al desarrollo de técnicas complementarias. La [Magnetoencefalografía](#) (MEG), desarrollada en la década de 1960, mide los campos magnéticos extremadamente débiles generados por las mismas corrientes neuronales que producen el EEG. Aunque tecnológicamente más compleja y costosa, la MEG ofrece una mejor localización espacial de las fuentes de corriente, especialmente para aquellas tangenciales a la superficie cortical. Más recientemente, la [Electrocorticografía](#) (ECoG), que implica la colocación de electrodos directamente sobre la superficie cortical (típicamente en pacientes neuroquirúrgicos), ha proporcionado una resolución temporal y espacial sin precedentes, aunque su uso está restringido a contextos clínicos específicos. La convergencia de estas técnicas ha permitido una comprensión cada vez más matizada de la dinámica espacio-temporal de la actividad eléctrica cerebral.

4. Tipos de Ondas y Ritmos Cerebrales

La actividad eléctrica cerebral se caracteriza por sus patrones rítmicos u oscilaciones, clasificados según su frecuencia (medida en Hertz, Hz). Estos ritmos reflejan diferentes estados funcionales y cognitivos, y su análisis es crucial para el diagnóstico y la investigación. La actividad oscilatoria es

un mecanismo fundamental de coordinación temporal, permitiendo que diferentes regiones cerebrales sincronicen sus operaciones para realizar tareas complejas. Las principales bandas de frecuencia son universalmente reconocidas:

Delta (0.5 - 4 Hz): Esta es la banda de frecuencia más lenta y de mayor amplitud. Típicamente domina durante el sueño de onda lenta (sueño profundo, no REM) y en la primera infancia. La presencia de actividad Delta significativa en estado de vigilia en adultos es a menudo un indicador de patología cerebral, como lesiones focales o encefalopatías metabólicas. El ritmo Delta está asociado con procesos homeostáticos y de consolidación de la memoria a largo plazo.

Theta (4 - 8 Hz): El ritmo Theta está prominentemente asociado con los estados de somnolencia, la meditación profunda y, crucialmente, con la navegación espacial y la memoria de trabajo. En humanos, el Theta frontal suele incrementarse durante tareas que requieren alta demanda de memoria y control cognitivo. En roedores, el Theta hipocampal es fundamental para la formación de mapas cognitivos.

Alpha (8 - 13 Hz): El ritmo Alpha es quizás el más conocido, siendo prominente en la región occipital y parietal. Caracteriza el estado de vigilia relajada, con los ojos cerrados. Su aparición se interpreta como un estado de "inactividad" cortical, o más precisamente, como una inhibición activa de las áreas sensoriales visuales que no están siendo utilizadas. Cuando el sujeto abre los ojos o realiza un esfuerzo mental, la amplitud Alpha disminuye, un fenómeno conocido como desincronización o bloqueo Alpha.

Beta (13 - 30 Hz): El ritmo Beta se asocia con el estado de alerta activa, la concentración y el procesamiento motor. Las oscilaciones Beta son comunes en la corteza motora y están relacionadas con el mantenimiento del estado motor o la anticipación de movimientos. Un aumento en la actividad Beta a menudo se correlaciona con la ansiedad o la actividad motora sostenida.

Gamma (> 30 Hz): Las oscilaciones Gamma son las más rápidas y son difíciles de medir debido a su baja amplitud y su susceptibilidad al ruido. Se consideran cruciales para el procesamiento de la información de alto nivel, la integración de características sensoriales (el problema de la ligazón) y la formación de representaciones conscientes. La actividad Gamma se cree que refleja la comunicación local y la sincronización entre grupos neuronales dedicados a procesar un objeto o concepto específico.

La interacción y modulación de estas bandas de frecuencia son más informativas que las frecuencias individuales. Por ejemplo, el acoplamiento de fase-amplitud, donde la fase de una oscilación de baja frecuencia (como Theta) modula la amplitud de una oscilación de alta frecuencia (como Gamma), es un mecanismo propuesto para la organización jerárquica de la información en el cerebro, permitiendo que el cerebro integre información a través de diferentes escalas temporales.

5. Métodos de Registro

El estudio de la actividad eléctrica cerebral se basa en diversas metodologías, cada una con fortalezas y debilidades particulares en términos de resolución temporal y espacial. La elección del método depende del objetivo de la investigación o el diagnóstico clínico. La característica común de estos métodos es su naturaleza no invasiva (en el caso de EEG y MEG) o mínimamente invasiva (en el caso de ECoG o registros intracraneales), lo que permite el estudio funcional del cerebro en tiempo real.

El método estándar de oro es la [Electroencefalografía](#) (EEG). El EEG utiliza electrodos colocados en el cuero cabelludo para medir las diferencias de potencial eléctrico entre varios puntos de registro. Su principal ventaja es su excepcional resolución temporal, capaz de registrar cambios en la actividad neuronal en la escala de milisegundos, lo que es crucial para estudiar procesos cognitivos rápidos. Además, el EEG es relativamente económico, portátil y fácil de implementar. Sin embargo, su principal limitación es la baja resolución espacial. Debido a que la señal debe atravesar el cráneo y las meninges, la electricidad se dispersa y difumina, dificultando la localización precisa de la fuente de la señal (el llamado "problema inverso" del EEG).

La [Magnetoencefalografía](#) (MEG) aborda algunas de las limitaciones espaciales del EEG midiendo los campos magnéticos asociados con las corrientes neuronales. A diferencia de los campos eléctricos, los campos magnéticos no son distorsionados por el cráneo y el cuero cabelludo, lo que permite una mejor localización espacial. La MEG es especialmente sensible a las corrientes neuronales tangenciales a la superficie cortical. Sin embargo, requiere equipos criogénicos extremadamente sensibles (SQUIDS) y salas blindadas magnéticamente, lo que la hace muy costosa y menos accesible. La combinación de EEG y MEG (EEG/MEG) a menudo se utiliza en investigación para explotar la alta resolución temporal del EEG y la mejor resolución espacial de la MEG.

Para aplicaciones clínicas específicas, particularmente en la evaluación prequirúrgica de la epilepsia intratable, se emplean técnicas invasivas. La [Electrocorticografía](#) (ECoG), o EEG intracraneal, consiste en colocar matrices de electrodos directamente sobre la superficie de la corteza (subdural) o dentro de la sustancia cerebral (electrodos de profundidad). Estos métodos ofrecen la máxima resolución temporal y espacial disponible, ya que la señal no está atenuada por las capas externas. El ECoG es invaluable para mapear las zonas epileptógenas o identificar áreas funcionales críticas (como el lenguaje o la motricidad) antes de la cirugía. Además, el desarrollo de interfaces cerebro-computadora (BCI) se basa fuertemente en la capacidad de registrar y decodificar estas señales eléctricas de alta fidelidad, abriendo nuevas vías para la rehabilitación y la asistencia tecnológica.

6. Importancia Clínica y Cognitiva

El análisis de la actividad eléctrica cerebral es indispensable tanto en la práctica clínica como en la investigación de la [neurociencia cognitiva](#). Clínicamente, el EEG es la herramienta diagnóstica primaria para una variedad de trastornos neurológicos. La aplicación más destacada es en la evaluación de la epilepsia, donde los patrones de descarga hipersincrónica (puntas, ondas lentas y complejos punta-onda) son la firma electrofisiológica de la enfermedad. El EEG permite clasificar el tipo de crisis, localizar el foco epileptógeno y monitorear la respuesta al tratamiento farmacológico. De manera similar, el estudio de los patrones de sueño a través del polisomnograma (que incluye EEG) es crucial para el diagnóstico de trastornos del sueño como el insomnio o la narcolepsia, ya que las fases del sueño (REM y no-REM) están definidas por sus firmas rítmicas específicas.

En el ámbito cognitivo, el estudio de los [Potenciales Relacionados con Eventos](#) (PRE o ERPs) ha sido fundamental para desentrañar la cronometría de los procesos mentales. Los ERPs son componentes de voltaje que reflejan el procesamiento neuronal asociado a un evento específico (estímulo o respuesta). Por ejemplo, la onda N100 refleja el procesamiento sensorial temprano de un estímulo, mientras que la P300 se relaciona con la actualización de la memoria de trabajo y la evaluación de la relevancia de un estímulo. Al medir la latencia y la amplitud de estos componentes, los investigadores pueden inferir la velocidad y la intensidad con la que el cerebro realiza tareas como la atención selectiva, la toma de decisiones y el procesamiento del lenguaje. Esta capacidad de vincular el tiempo de procesamiento con la actividad cerebral ha proporcionado una evidencia crucial sobre la arquitectura funcional de la cognición humana.

Más allá de los PREs, la investigación actual se centra en cómo las oscilaciones cerebrales actúan como mecanismos de comunicación funcional entre regiones distantes. La hipótesis de la [conectividad funcional](#) postula que la información se transfiere eficientemente cuando las regiones cerebrales oscilan en fase (sincronización de fase), permitiendo una comunicación efectiva. La disfunción en estos patrones de conectividad rítmica se ha implicado en numerosos trastornos neuropsiquiátricos, incluyendo la esquizofrenia, el trastorno del espectro autista y la enfermedad de Parkinson. En estos casos, el análisis de la coherencia o el acoplamiento de fase entre electrodos ofrece biomarcadores potenciales para la identificación temprana y el seguimiento de la progresión de la enfermedad, consolidando la actividad eléctrica cerebral como una medida dinámica e informativa de la salud y la función mental.

7. Desafíos y Perspectivas Futuras

A pesar de los avances significativos, el estudio de la actividad eléctrica cerebral enfrenta desafíos metodológicos intrínsecos. El más notorio es el ya mencionado "problema inverso" del EEG/MEG: dada una distribución de potenciales o campos magnéticos en la superficie (la medición), es

matemáticamente difícil y a menudo ambiguo determinar la ubicación y geometría exactas de las fuentes neuronales que los generaron. Las soluciones a este problema requieren modelos computacionales complejos y la integración de información estructural obtenida de resonancia magnética (MRI). Además, la señal es inherentemente ruidosa, contaminada por artefactos biológicos (movimiento ocular, actividad muscular) y ruido ambiental, lo que requiere técnicas sofisticadas de procesamiento de señales para aislar la actividad cerebral pura.

Las perspectivas futuras en el estudio de la actividad eléctrica del cerebro son vastas y se centran en la aplicación tecnológica y la mejora de la resolución. El campo de las **[Interfaces Cerebro-Computadora](#)** (BCI) es quizás el área de mayor crecimiento, donde la actividad eléctrica registrada (tanto no invasiva como invasiva) se utiliza para controlar dispositivos externos, restaurar la comunicación en pacientes con parálisis o modular la actividad cerebral en tiempo real para el tratamiento de trastornos neurológicos. Los BCI dependen fundamentalmente de la capacidad de decodificar patrones rítmicos específicos (como la modulación de los ritmos μ y β) en comandos intencionales.

Finalmente, la tendencia futura apunta hacia la integración multimodal. La combinación de la alta resolución temporal de la electrofisiología con la alta resolución espacial de las técnicas de imagen hemodinámica (como la fMRI) y la imagen molecular (como la PET) promete proporcionar una imagen holística de la función cerebral. Además, el avance en la tecnología de electrodos, incluyendo matrices de alta densidad y electrodos secos, hará que el monitoreo de la actividad eléctrica cerebral sea más accesible y cómodo, permitiendo su uso en entornos fuera del laboratorio clínico, abriendo puertas al neuromonitoreo personal y al desarrollo de la neurociencia en la vida diaria.

Lecturas Adicionales

[Conciencia](#)

[Electroencefalografía](#)

[Célula piramidal](#)

[Sincronización neuronal](#)

[Potencial de Campo Local](#)

[Hans Berger](#)

[Potencial evocado](#)

[Magnetoencefalografía](#)

[Electrocorticografía](#)

[Neurociencia cognitiva](#)

[Potencial relacionado con eventos](#)

[Conectividad funcional](#)

[Interfaces Cerebro-Computadora](#)