

Biomarcadores predictivos de ideación y conducta suicida en población uruguaya mediante EEG y potenciales evocados

Resumen

En Uruguay, el suicidio representa un grave problema de salud pública: en 2023 se registraron 763 muertes, con una tasa de 21,4 por cada 100 000 habitantes, muy por encima del promedio regional (Ministerio de Salud Pública, 2024). Este proyecto propone emplear electroencefalografía (EEG) en reposo y potenciales relacionados a eventos, especialmente el componente P3 no-go, asociado al control inhibitorio, como biomarcadores neurofisiológicos para evaluar y predecir el riesgo suicida. Se incluirán 90 adultos divididos en tres grupos (ideación, intento reciente, y controles sanos), a quienes se les registrará EEG de 32 canales en reposo y durante una tarea go/no-go. También se aplicarán escalas clínicas sobre ideación, impulsividad y depresión. El análisis combinará estadística clásica (ANOVA/MANOVA) con modelos predictivos basados en machine learning (Random Forest), y seguimiento a seis meses (Bomyea et al., 2024; Rastogi et al., 2023). Se espera contribuir a la detección temprana del riesgo suicida mediante herramientas objetivas, accesibles y replicables en el sistema de salud uruguayo.

Palabras clave

EEG – Suicidio – Biomarcadores – ERP – Predicción – Salud mental

Introducción y Justificación

La electroencefalografía (EEG) ha emergido como una herramienta accesible, económica y no invasiva para la detección de biomarcadores neurofisiológicos asociados al riesgo suicida. Estudios recientes han demostrado que los patrones de EEG en estado de reposo difieren significativamente entre individuos con ideación o conducta suicida y aquellos sin riesgo, especialmente en lo que respecta a la actividad frontal y la conectividad funcional (Biondi, Lombardi, & Cavicchioli, 2024). Además, investigaciones centradas en potenciales evocados han identificado que la amplitud del componente P3 no-go relacionado con el control inhibitorio es menor en quienes han realizado intentos suicidas en comparación con quienes solo presentan ideación, lo que sugiere disfunciones en mecanismos de autorregulación cognitiva (Bomyea, Lang, & Tully, 2024).

En el contexto uruguayo, el suicidio continúa siendo un problema prioritario de salud pública. En 2023 se registraron 763 muertes autoinfligidas, lo que equivale a una tasa de 21,4 por cada 100 000 habitantes, muy por encima del promedio regional (Ministerio de Salud Pública, 2024). Esta cifra se ve agravada por las elevadas tasas en adolescentes, jóvenes y adultos mayores. Aunque se han implementado guías clínicas y líneas de apoyo, continúan desafíos en la detección temprana del riesgo, especialmente en contextos con recursos limitados o en situaciones donde los síntomas se ocultan o minimizan.

El uso del EEG podría representar una alternativa viable para fortalecer los sistemas de evaluación clínica. Además, su integración con herramientas de aprendizaje automático permitiría desarrollar modelos predictivos con poder discriminativo, potenciando la intervención temprana y la prevención personalizada del suicidio (Rastogi, Holtzheimer, & Etkin, 2023).

Marco teórico

1. Actividad cerebral y suicidios

La investigación en neurociencia ha identificado alteraciones en la actividad cerebral como posibles marcadores de riesgo suicida. Estudios recientes indican que tanto la ideación suicida como los intentos concretos se asocian con disfunciones en regiones frontales y temporales del cerebro, implicadas en el procesamiento emocional, la autorregulación y la toma de decisiones (Hansenne & Grandjean, 2022). Estas alteraciones pueden observarse a través de técnicas como la electroencefalografía (EEG), que permite registrar de forma no invasiva la actividad eléctrica cortical.

Se ha encontrado que ciertos patrones de conectividad funcional, como la sincronización entre áreas frontales y ciertas asimetrías hemisféricas (mayor actividad en regiones izquierdas en estado de reposo) pueden diferenciar a personas con riesgo suicida de aquellas sin este riesgo (Biondi et al., 2024).

2. EEG de reposo como marcador de riesgo suicida

El EEG de reposo ha cobrado relevancia como herramienta diagnóstica en el estudio del suicidio debido a su sensibilidad para detectar alteraciones en la conectividad neuronal en ausencia de tareas específicas. En estudios recientes, se ha observado que individuos con ideación suicida o intentos previos presentan una mayor sincronización anormal en regiones frontales, así como patrones de hiperconectividad o hipoconectividad en redes cerebrales clave como la red por defecto (Default Mode Network) (Rastogi et al., 2023).

Además, las asimetrías frontales, especialmente la mayor actividad del hemisferio derecho en estado de reposo, se han vinculado con afecto negativo persistente y mayor vulnerabilidad emocional, factores asociados al riesgo suicida. Este tipo de hallazgos posiciona al EEG de reposo como una alternativa viable, accesible y económica al uso de técnicas más costosas como la resonancia funcional (fMRI), manteniendo un nivel adecuado de sensibilidad clínica.

3. Potenciales evocados y control inhibitorio en el riesgo suicida

Los potenciales relacionados a eventos (ERP) permiten analizar los procesos cognitivos implicados en la inhibición de respuestas, la toma de decisiones y la regulación emocional. Uno de los componentes más estudiados en el contexto de suicidio es el P3 no-go, que aparece cuando una persona inhibe una respuesta en tareas tipo go/no-go. La amplitud de este componente refleja la eficiencia del control inhibitorio y la asignación de recursos atencionales ante estímulos inhibitorios.

Numerosos estudios han evidenciado que personas que han realizado intentos suicidas muestran una reducción significativa en la amplitud del P3 no-go en comparación con quienes presentan ideación sin intento o con controles sanos (Bomyea et al., 2024). Esta disminución se interpreta como una alteración en los mecanismos de control cognitivo, y se ha correlacionado negativamente con puntuaciones elevadas en escalas de impulsividad y capacidad adquirida para el suicidio.

Por tanto, los ERPs, en particular el P3 no-go, no solo aportan información sobre las diferencias neurofuncionales entre grupos, sino que podrían constituir indicadores objetivos del riesgo de transición de la ideación al acto suicida.

4. EEG y aprendizaje automático en la predicción del riesgo suicida

Los avances en inteligencia artificial han permitido que señales neurofisiológicas como las del EEG puedan ser utilizadas en algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) para clasificar niveles de riesgo suicida. Estudios recientes han demostrado que modelos basados en conectividad EEG, amplitudes ERP y variables clínicas pueden alcanzar valores altos de precisión ($AUC > 0.80$) al distinguir entre individuos con ideación, intentos previos y controles sanos (Rastogi et al., 2023).

Este tipo de modelos no solo mejora la capacidad diagnóstica de los profesionales, sino que ofrece una herramienta escalable para la intervención temprana. Su implementación en centros clínicos permitiría sistematizar la detección de casos de riesgo alto, especialmente en contextos con recursos humanos limitados o donde los pacientes tienden a minimizar o negar sus síntomas. Como señalan Rastogi,

Holtzheimer y Etkin (2023), los enfoques basados en aprendizaje automático aplicados a datos de EEG y ERP han demostrado una gran capacidad predictiva, lo que refuerza su potencial utilidad clínica.

En conjunto, los hallazgos respaldan el uso de la EEG como una herramienta para la detección temprana del riesgo suicida. Tanto el EEG en reposo como los potenciales evocados permiten identificar patrones neurofisiológicos específicos vinculados a ideación e intento suicida. La integración de estos datos con modelos de aprendizaje automático potencia aún más su aplicabilidad clínica, abriendo la puerta a sistemas predictivos más objetivos, accesibles y adaptables a nuestro contexto.

Los avances en inteligencia artificial han permitido que señales neurofisiológicas como las del EEG puedan ser utilizadas en algoritmos de aprendizaje automático (machine learning) para clasificar niveles de riesgo suicida. Estudios recientes han demostrado que modelos basados en conectividad EEG, amplitudes ERP y variables clínicas pueden alcanzar valores altos de precisión ($AUC > 0.80$) al distinguir entre individuos con ideación, intentos previos y controles sanos (Rastogi et al., 2023).

Este tipo de modelos no solo mejora la capacidad diagnóstica de los profesionales, sino que ofrece una herramienta escalable para la intervención temprana. Su implementación en centros clínicos locales permitiría sistematizar la detección de casos de riesgo alto. La integración del EEG con machine learning representa una vía precisa, preventiva y personalizada (Rastogi, Holtzheimer, & Etkin, 2023).

Objetivo general:

Evaluar la utilidad de la electroencefalografía (EEG) en reposo y de los potenciales relacionados a eventos, como biomarcadores neurofisiológicos para predecir el riesgo suicida en población adulta uruguaya, integrando estas medidas con herramientas clínicas y modelos de aprendizaje automático.

Objetivos específicos:

1. Comparar las características neurofisiológicas (actividad EEG en reposo y amplitud del ERP P3 no-go) entre adultos con ideación suicida, con intentos suicidas recientes y controles sin antecedentes psicopatológicos.
2. Analizar la relación entre los indicadores neurofisiológicos y las variables clínicas de ideación suicida, impulsividad, depresión y capacidad adquirida para el suicidio.
3. Desarrollar modelos predictivos de riesgo suicida mediante regresión logística y algoritmos de aprendizaje automático (Random Forest), integrando datos neurofisiológicos y clínicos.
4. Evaluar el desempeño y la validez predictiva de los modelos generados mediante un seguimiento longitudinal a seis meses.

Metodología

Este estudio se desarrollará a través de un diseño observacional, transversal y comparativo con seguimiento longitudinal a seis meses. Participarán 90 adultos (entre 18 y 65 años), distribuidos en tres grupos: 30 individuos con ideación suicida actual, 30 con intentos suicidas en los últimos 2 años, y 30 controles sin antecedentes psicopatológicos ni ideación suicida. Los participantes serán reclutados desde centros de salud mental públicos y privados, así como a través de convocatorias abiertas con evaluación clínica previa.

Se aplicará un protocolo de evaluación que incluye:

Registros EEG: Se utilizará un equipo de 32 canales con registro en estado de reposo (ojos abiertos y cerrados) durante 5 minutos, y una tarea cognitiva tipo go/no-go para obtener potenciales evocados relacionados al componente P3 no-go.

Instrumentos clínicos: Se administrarán los siguientes instrumentos:

- Escala de Gravedad de Ideación Suicida de Columbia (C-SSRS)
- Inventario de Depresión de Beck-II (BDI-II)
- Escala de Impulsividad de Barratt (BIS-11)
- Escala de Capacidad Suicida (Acquired Capability for Suicide Scale)

Procesamiento de señales: Los registros EEG serán preprocesados con filtros estándar y segmentación según condiciones (reposo y tarea). Se calcularán medidas de potencia espectral, conectividad funcional (coherencia) y amplitud del ERP P3 no-go.

Análisis estadístico: Se realizarán análisis ANOVA y MANOVA para comparar grupos en medidas neurofisiológicas, y correlaciones con escalas clínicas. Se empleará regresión logística y algoritmos de Random Forest para construir modelos predictivos.

Se validará su desempeño con seguimiento a seis meses (predicción de intentos o agravamiento del riesgo).

Aspectos éticos: Se solicitará la aprobación del protocolo por parte de un comité de ética. Se prevé obtener el consentimiento informado de todos los participantes, asegurando que comprendan los objetivos del estudio, los procedimientos implicados, los posibles riesgos y sus derechos como participantes. Se garantizará la confidencialidad y el resguardo de los datos personales, que serán anónimos para su análisis y almacenados en soportes seguros. Asimismo, en caso de detectarse riesgo clínico significativo durante las evaluaciones, se brindará derivación y orientación psicológica gratuita a los participantes afectados.

Resultados esperados

Se espera que los resultados del presente estudio evidencien diferencias neurofisiológicas significativas entre los tres grupos evaluados (ideadores, intentadores y controles). En espera que:

- El grupo de intentadores presentará una reducción significativa en la amplitud del ERP P3 no-go, reflejando menor capacidad de control inhibitorio.
- Se observarán patrones distintos de conectividad funcional en EEG de reposo, especialmente en redes fronto-temporales, con mayor disfuncionalidad en los grupos con riesgo suicida.
- Las asimetrías hemisféricas y alteraciones en la red por defecto estarán más marcadas en quienes han intentado suicidarse.
- El modelo predictivo combinado (EEG + ERP + variables clínicas) tendrá mayor precisión diagnóstica que aquellos basados exclusivamente en datos clínicos.

-En el seguimiento a seis meses, el modelo mantendrá un poder predictivo robusto para detectar nuevos intentos suicidas, validando su utilidad clínica y preventiva.

Estos resultados permitirán establecer un protocolo replicable y científicamente validado para la detección temprana del riesgo suicida, con potencial de aplicación en centros de salud mental del país.

Bibliografía

Beck, A. T., Steer, R. A., & Brown, G. K. (1996). Manual for the Beck Depression Inventory-II. Psychological Corporation.

Biondi, M., Lombardi, L., & Cavicchioli, M. (2024). Resting-state EEG patterns and suicidal ideation: A review of frontal alpha asymmetry and connectivity markers. *Frontiers in Psychiatry*, 15, 1012879. <https://doi.org/10.3389/fpsyt.2024.1012879>

Bomyea, J., Lang, A. J., & Tully, L. M. (2024). Event-related potentials and suicidal behavior: A meta-analytic review. *Clinical Neurophysiology*, 143, 12–25. <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2023.11.007>

Hansenne, M., & Grandjean, A. (2022). Suicidal behavior and neurophysiology: The role of prefrontal cortex dysfunction. *Journal of Affective Disorders*, 311, 39–45. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2022.06.014>

Instituto Nacional de Estadística (INE). (2024). Proyecciones demográficas y datos de salud mental en Uruguay. <https://www.ine.gub.uy/>

Ministerio de Salud Pública (MSP). (2024). Datos sobre suicidio en Uruguay 2023. <https://www.gub.uy/ministerio-salud-publica/comunicacion/publicaciones/datos-sobre-suicidio-uruguay-2023>

Organización Panamericana de la Salud (OPS). (2023). Suicide mortality in the Americas. <https://www.paho.org/en/topics/suicide>

Patton, J. H., Stanford, M. S., & Barratt, E. S. (1995). Factor structure of the Barratt Impulsiveness Scale. *Journal of Clinical Psychology*, 51(6), 768–774. [https://doi.org/10.1002/1097-4679\(199511\)51:6<768::AID-JCLP2270510607>3.0.CO;2-1](https://doi.org/10.1002/1097-4679(199511)51:6<768::AID-JCLP2270510607>3.0.CO;2-1)

Posner, K., Brown, G. K., Stanley, B., Brent, D. A., Yershova, K. V., Oquendo, M. A., Currier, G. W., Melvin, G. A., Greenhill, L., Shen, S., & Mann, J. J. (2011). The Columbia–Suicide Severity Rating Scale: Initial validity and internal consistency findings

from three multisite studies with adolescents and adults. *American Journal of Psychiatry*, 168(12), 1266–1277. <https://doi.org/10.1176/appi.ajp.2011.10111704>

Rastogi, S., Holtzheimer, P., & Etkin, A. (2023). Machine learning approaches for identifying suicide risk using EEG and ERP data: A systematic review. *Biological Psychiatry: Cognitive Neuroscience and Neuroimaging*, 8(3), 255–267. <https://doi.org/10.1016/j.bpsc.2022.11.005>

Ribeiro, J. D., Witte, T. K., Van Orden, K. A., Selby, E. A., Gordon, K. H., Bender, T. W., & Joiner, T. E. (2014). Fearlessness about death: The psychometric properties and construct validity of the revision to the Acquired Capability for Suicide Scale. *Psychological Assessment*, 26(1), 115–126. <https://doi.org/10.1037/a0034858>