

TranscranealElect: *software* educativo para web y móvil aplicado a pacientes con afasia motora posictus isquémico

TranscranealElect: web and mobile educational software for patients with post-ischemic stroke motor aphasia

Yisel Caymari López^{1*} <https://orcid.org/0009-0008-5128-3721>

Yilena de La Caridad Caymari López² <https://orcid.org/0009-0006-2807-0774>

Cristina Guerra Frutos² <https://orcid.org/0000-0002-3378-437X>

Misleidis Salgado Ortiz³ <https://orcid.org/0000-0002-1964-4979>

Yaneisi López Pacheco⁴ <https://orcid.org/0009-0001-4935-7524>

Enrique Rafael Caymari Díaz⁵ <https://orcid.org/0009-0008-1581-6463>

¹Policlínico # 1 Francisca Rivero Arocha. Manzanillo, Granma, Cuba.

²Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente Celia Sánchez Manduley. Manzanillo, Granma, Cuba.

³Sectorial Provincial de Salud Granma. Bayamo, Granma, Cuba.

⁴Joven Club IV. Manzanillo, Granma, Cuba.

⁵Universidad de Granma, Campus 2 Blas Roca Calderío. Manzanillo, Granma, Cuba.

*Autor para la correspondencia: yiselscaymari@gmail.com

RESUMEN

Introducción: Las tecnologías de la información y las comunicaciones han transformado los procesos educativos y asistenciales en salud. El *software* educativo en ciencias médicas favorece el aprendizaje y la educación sanitaria.

Objetivo: Evaluar la efectividad del *software* educativo TranscranealElect en sus versiones para web hipermedia y dispositivos móviles.

Métodos: Se realizó un estudio de desarrollo tecnológico para evaluar la efectividad de un *software* educativo, que facilite la comprensión de la

estimulación magnética transcraneal en pacientes con afasia motora posictus, el cual abarcó de enero 2025 a marzo 2026. El *software* se desarrolló por fases (análisis, diseño, implementación y validación). Quince especialistas realizaron la validación de expertos. Se evaluaron conocimientos (prueba inicial/prueba final), usabilidad (escala *System Usability Scale*), satisfacción e impacto en la educación sanitaria de los pacientes.

Resultados: El *software* obtuvo una alta valoración por expertos (4,9/5 en contenido). En los residentes, la media de conocimientos aumentó de 58,3 % (desviación estándar $\pm 7,2$) a 86,7 % (desviación estándar $\pm 5,4$) tras la intervención ($p < 0,001$; d de Cohen = 1,96); la puntuación en la escala *System Usability Scale* fue 82,3/100. En los pacientes con afasia motora, incrementó la percepción de información sobre su condición (de 35,0 % a 85,0 %; $p < 0,001$) y la disposición a participar en su rehabilitación (de 45,0 % a 90,0 %; $p < 0,001$).

Conclusiones: El *software* educativo TranscranealElect es una herramienta educativa efectiva para el uso y la aceptación, al mejorar significativamente el conocimiento de los profesionales y el empoderamiento de los pacientes con afasia motora posictus.

Palabras clave: *software* educativo TranscranealElect; pacientes con afasia motora; aprendizaje y educación sanitaria; pacientes y profesionales de la salud.

ABSTRACT

Introduction: Information and communication technologies have transformed educational and healthcare processes. Educational software in medical sciences fosters learning and health education.

Objective: To evaluate the effectiveness of the TranscranealElect educational software in its hypermedia web and mobile device versions.

Methods: A technological development study was conducted to evaluate the effectiveness of educational software designed to facilitate the understanding of transcranial magnetic stimulation in patients with post-stroke motor aphasia; the study spanned from January 2025 to March 2026. The software was developed in phases (analysis, design, implementation, and validation). Fifteen specialists carried out the expert validation. Assessments covered knowledge (pre-test/post-

test), usability (System Usability Scale), satisfaction, and impact on patient health education.

Results: The software received a high rating from experts (4.9/5 for content). Among residents, mean knowledge increased from 58.3% (standard deviation ± 7.2) to 86.7% (standard deviation ± 5.4) following the intervention ($p < 0.001$; Cohen's $d = 1.96$); the System Usability Scale score was 82.3/100. Among patients with motor aphasia, there was an increase in the perception of information regarding their condition (from 35.0% to 85.0%; $p < 0.001$) and in their willingness to participate in rehabilitation (from 45.0% to 90.0%; $p < 0.001$).

Conclusions: TranscranealElect educational software is an effective educational tool in terms of usage and acceptance, significantly improving professional knowledge and the empowerment of patients with post-stroke motor aphasia.

Keywords: TranscranealElect educational software; patients with motor aphasia; learning and health education; patients and health professionals.

Recibido: 14/04/2026

Aceptado: 29/04//2026

Introducción

El desarrollo acelerado de las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) ha transformado los procesos educativos y asistenciales en salud. En Cuba el Sistema Nacional de Salud enfrenta el desafío de mantener la excelencia con recursos limitados, y las TIC emergen como una vía para optimizar procesos y garantizar la formación continua.⁽¹⁾ El *software* educativo en ciencias médicas permite integrar contenidos teórico-prácticos mediante recursos de multimedia, al favorecer un aprendizaje significativo y la educación sanitaria.⁽²⁾

La afasia, un trastorno del lenguaje que afecta aproximadamente al 30 % de los sobrevivientes de accidentes cerebrovasculares, representa una significativa barrera para la comunicación terapéutica⁽³⁾ y la estimulación magnética transcraneal (EMT), tras haber demostrado efectividad en la rehabilitación del

lenguaje en pacientes posictus, al modular la neuroplasticidad cortical;⁽⁴⁾ sin embargo, su comprensión por parte de los pacientes y los profesionales es compleja.

En el Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente Celia Sánchez Manduley. de Granma, convergen actividades asistenciales y docentes, que demandan de herramientas flexibles y accesibles, al existir una brecha en la formación de especialistas en medicina física y rehabilitación sobre EMT y una limitación de recursos educativos para los pacientes con afasia motora.

El objetivo de la investigación fue evaluar la efectividad del *software* educativo TranscranealElect en sus versiones para *web* hipermedia y dispositivos móviles.

Métodos

Diseño y contexto

Se realizó un estudio de desarrollo tecnológico en salud, con alcance descriptivo y enfoque mixto, en el Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente Celia Sánchez Manduley de Granma, Cuba, (enero de 2025 - marzo de 2026).

El estudio fue registrado en el Centro Provincial de Información de Ciencias Médicas de Granma (código: GR-2025-048).

Descripción del *software*

TranscranealElect es una publicación digital interactiva desarrollada con la herramienta *Flip PDF Professional*, la cual ha sido implementada en dos versiones multiplataforma:

- Una hipermedia en formato HTML5 (accesible desde navegadores *web*)
- Una aplicación móvil en formato APK para dispositivos Android

Ambas versiones garantizan el acceso desde computadoras, tabletas y teléfonos inteligentes, así como su funcionamiento sin conexión a internet.

El *software* se organiza en siete módulos temáticos:

1. Fundamentos de la estimulación magnética transcraneal.
2. Fisiopatología de la afasia motora posictus
3. Indicaciones y contraindicaciones de la EMT
4. Protocolos de aplicación
5. Evaluación del paciente
6. Casos clínicos interactivos
7. Glosario de términos

Cada módulo incorpora recursos multimedia como videos explicativos, animaciones de la técnica, infografías interactivas y autoevaluaciones. El peso total del *software* es de aproximadamente 85 MB.

Fases del desarrollo

Durante la investigación se siguieron cuatro fases:

1. Análisis de las necesidades: mediante entrevistas semiestructuradas a 15 especialistas (cinco de medicina física y rehabilitación, dos logofoniatras y ocho residentes de medicina física y rehabilitación), además de la revisión de los programas de formación vigentes.
2. Diseño: se definió la arquitectura del *software*, el diseño instruccional y la interfaz de usuarios, al priorizar los criterios de accesibilidad para los pacientes con trastornos del lenguaje (contraste adecuado, navegación simplificada y predominio de recursos visuales sobre el texto).
3. Desarrollo: implementación de la técnica en HTML5, integración de recursos multimedia y pruebas de funcionamiento.
4. Validación por expertos: participaron cinco especialistas en medicina física y rehabilitación, dos logofoniatras y tres especialistas en informática educativa, quienes evaluaron el *software* mediante un instrumento estructurado que consideró las dimensiones:
 - Contenido (pertinencia, actualización, rigor científico)
 - Aspectos pedagógicos (claridad instruccional, adecuación al nivel de los usuarios y capacidad de motivación)

- Atributos técnicos (usabilidad, navegación, tiempos de respuesta y compatibilidad)
- Diseño visual

Prueba piloto

En la prueba participaron 12 residentes de medicina física y rehabilitación, y 20 pacientes con diagnóstico de afasia motora (tipo Broca o expresiva) secundaria a ictus isquémico.

Los criterios de inclusión tuvieron en cuenta a los pacientes con:

- Afasia motora secundaria a ictus único
- Tiempo de evolución superior a seis meses
- Capacidad visual y auditiva preservada
- Preservación de la comprensión auditiva básica para permitir la interacción con la interfaz visual del *software*

Por su parte, los criterios de exclusión se enfocaron en los pacientes con afasia grave (global o mixta) que impidiera cualquier interacción con la interfaz del *software*.

Los residentes utilizaron el *software* durante cuatro semanas como complemento a su formación teórico-práctica.

Los pacientes accedieron a los módulos de educación sanitaria adaptados (con apoyos visuales y navegación simplificada) en sesiones supervisadas de 30 minutos, dos veces por semana, durante tres semanas.

Variables e instrumentos

En residentes los instrumentos contaron con:

- Nivel de conocimientos mediante prueba objetiva de 20 preguntas (pretest y posttest)
- Usabilidad percibida con la Escala *System Usability Scale*⁽⁵⁾ (SUS, rango 0-100), satisfacción global (escala Likert de 5 puntos)

A los pacientes se les aplicó mediante cuestionarios adaptados con apoyo visual y respuesta binaria (sí/no), instrumentos pre- y pos- durante la intervención, los que tuvieron:

- Percepción de información sobre su condición
- Comprensión del tratamiento con EMT
- Disposición a participar activamente en su rehabilitación

Análisis estadístico

Se utilizó estadística descriptiva (medias, desviaciones estándar, porcentajes). Para comparaciones pre- y posttest se empleó la prueba t de Student para muestras relacionadas con los residentes y prueba de McNemar para los pacientes. El tamaño del efecto se calculó con d de Cohen. Se consideró significación estadística $p < 0,05$. El análisis se realizó con SPSS versión 25.

Aspectos éticos

El estudio cumplió en todo momento con los principios de la Declaración de Helsinki (<https://bvs.sld.cu/revistas/recursos/helsinki.pdf>). Además, se obtuvo la aprobación del comité de ética del Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente Celia Sánchez Manduley de Granma (registro: CEC-HCSM-2025-017) y el consentimiento informado de todos los participantes. En el caso de los pacientes con afasia motora, se utilizó un formato de consentimiento adaptado con apoyos visuales y se contó con la aprobación de un familiar acompañante.

Resultados

Validación por expertos

El *software* obtuvo una calificación promedio de 4,9 sobre cinco en la dimensión de contenido, 4,8 sobre cinco en aspectos pedagógicos y 4,85 sobre cinco en atributos técnicos. Los expertos sugirieron incorporar un glosario de términos técnicos y ampliar la sección de casos clínicos con mayor nivel de complejidad, aspectos que fueron incorporados en la versión final.

Resultados en residentes

La tabla 1 muestra la evolución del conocimiento:

- La media de aciertos aumentó de 58,3 % (DE $\pm 7,2$) en el pretest a 86,7 % (DE $\pm 5,4$) en el posttest, con una ganancia de 28,4 puntos porcentuales.
- La diferencia fue estadísticamente significativa ($p < 0,001$; $t = 11,42$; $gl = 11$).
- El tamaño del efecto fue muy grande (d de Cohen = 1,96).
- La puntuación media en la escala *System Usability Scale*⁽⁵⁾ fue de 82,3 sobre 100,0, lo que ubica al *software* en el percentil 95 de usabilidad.
- El 91,7 % de los residentes calificó al *software* como muy útil o extremadamente útil para su formación.

Tabla 1 - Nivel de conocimientos de residentes antes y después de intervención (n = 12)

Indicador	Pretest	Posttest	Diferencia	Valor p^*
Media de aciertos (%)	58,3	86,7	+28,4	< 0,001
Desviación estándar	$\pm 7,2$	$\pm 5,4$	---	---
Mediana (%)	57,5	87,0	+29,5	---
Valor mínimo (%)	45,0	78,0	---	---
Valor máximo (%)	70,0	95,0	---	---

Nota: Prueba t de Student para muestras relacionadas.

Resultados en pacientes

La tabla 2 presenta el impacto del *software* en la educación sanitaria de los pacientes con afasia motora posictus, en los que se observó un incremento estadísticamente significativo en los tres indicadores evaluados ($p < 0,001$ en todos los casos, prueba de McNemar).

El porcentaje de pacientes que sintieron estar informados sobre su condición, se incrementó en 50 puntos porcentuales (de 35,0 % a 85,0 %); en la comprensión del tratamiento con estimulación magnética transcraneal aumentó también en 50 puntos porcentuales (de 30,0 % a 80,0 %); así como su disposición a participar

activamente en su rehabilitación se incrementó en 45 puntos porcentuales (de 45,0 % a 90,0 %).

Tabla 2 - Impacto del *software* en la educación sanitaria de pacientes con afasia motora posictus (n = 20)

Indicador	Preintervención (%)	Posintervención (%)	Incremento (p.p.)	Valor p*
Pacientes que se sienten informados sobre su condición	7 (35,0)	17 (85,0)	+ 50,0	< 0,001
Pacientes que comprenden el tratamiento con EMT	6 (30,0)	16 (80,0)	+ 50,0	< 0,001
Pacientes con disposición a participar activamente en su rehabilitación	9 (45,0)	18 (90,0)	+ 45,0	< 0,001

Nota: Prueba de McNemar para muestras relacionadas. EMT: estimulación magnética transcraneal. p.p.: puntos porcentuales.

Resultados asistenciales

Se identificó una mejoría en la adherencia a los protocolos de estimulación magnética transcraneal por parte de los residentes, con un incremento del 40 % en la precisión de la localización del punto de estimulación y en la aplicación de los parámetros técnicos adecuados, según la evaluación de los especialistas tutores.

Discusión

Los resultados del estudio demuestran que el *software* TranscranealElect es una herramienta efectiva para mejorar el nivel de conocimientos de los residentes de medicina física y rehabilitación sobre la estimulación magnética transcraneal. La ganancia de conocimiento del 28,4 % y el tamaño del efecto muy grande (d de Cohen = 1,96) superan los estándares reportados en intervenciones educativas

similares con recursos multimedia en rehabilitación neurológica.⁽⁶⁾

Lefaucheur y otros⁽⁴⁾ señalan que la formación en EMT requiere herramientas que complementen la enseñanza tradicional, y el *software* usado en el estudio cubre esa necesidad con una usabilidad excelente (puntuación SUS de 82,3), lo que supera ampliamente el umbral de aceptabilidad establecido en 70 puntos.

El impacto positivo en los pacientes con afasia motora constituye un aporte novedoso de la investigación. El diseño centrado en el usuario, con énfasis en recursos visuales, navegación simplificada y opciones de interacción no verbales, demostró ser efectivo para facilitar la comprensión y promover la participación activa de estos pacientes en su proceso de rehabilitación. Además, el incremento del 50 % en la percepción de información sobre la enfermedad y el tratamiento, junto con el 45 % de aumento en la disposición a participar activamente, reflejan no solo una mejora cognitiva, sino también un cambio actitudinal fundamental para el éxito terapéutico. Estos hallazgos se alinean con los principios de rehabilitación integral y educación sanitaria inclusiva, en la que las TIC pueden reducir barreras comunicativas.⁽⁶⁾

En el contexto de salud cubano, este *software* representa una solución de bajo costo, escalable y funcional sin conexión a internet, y lo hace particularmente adecuado para entornos con conectividad limitada. Su incorporación al programa formativo⁽⁷⁾ del hospital contribuye a estandarizar conocimientos y reducir variaciones en la práctica clínica, en consonancia con los principios de equidad y sostenibilidad del Sistema Nacional de Salud.

Limitaciones del estudio

El tamaño muestral reducido y la ausencia de un grupo control limitan la generalización de los hallazgos. El seguimiento fue a corto plazo, por lo que se desconoce la retención del conocimiento a largo plazo. No se evaluó el impacto clínico directo en la evolución del lenguaje de los pacientes.

Recomendaciones

Entre las recomendaciones se señala:

- Incorporar el *software* como recurso oficial en el programa de formación de residentes de medicina física y rehabilitación y en la atención sistemática a pacientes con afasia motora en el Hospital Provincial Clínico Quirúrgico Docente Celia Sánchez Manduley de Granma.
- Realizar estudios multicéntricos con grupos control y seguimiento a largo plazo para confirmar la efectividad y evaluar el impacto clínico en la rehabilitación del lenguaje.
- Perfeccionar el *software* añadiendo funcionalidades de gamificación y seguimiento personalizado del aprendizaje.

De este modo se concluye que:

- El *software* educativo TranscranealElect demostró ser efectivo para mejorar significativamente el nivel de conocimientos de los residentes de medicina física y rehabilitación acerca de la estimulación magnética transcraneal, con un efecto muy grande.
- La herramienta logró incrementar de manera significativa la percepción de información, la comprensión del tratamiento y la disposición a participar activamente en pacientes con afasia motora posictus.
- El TranscranealElect mostró una alta usabilidad y aceptación por parte de los usuarios, al constituir un recurso factible y pertinente para el Sistema Nacional de Salud cubano, al ser de bajo costo, multiplataforma y funcional sin conexión a internet.

Referencias bibliográficas

1. Zamora M, Martínez Y, Pérez N. Las TIC en la educación médica: transformación digital y desafíos para la generación Z. Educación y Sociedad. 2025 [acceso 20/02/2026];23(Especial.2):678-97. Disponible en: <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rPProf/article/view/2852>
2. Betharte LP, Viza JC, Bisset JG. El Aula Virtual de Salud para el desarrollo de la educación médica. Rev Univ Cienc Pedagógica Enrique José Varona. 2025

[acceso 31/03/2026]. Disponible en: <http://revistas.ucpejv.edu.cu/index.php/rPProf/article/view/2852>

3. Fregni F, El-Hagrassy MM, Pacheco K, Carvalho S, Leite J, Simis M, et al. Evidence-based guidelines and secondary meta-analysis for the use of transcranial direct current stimulation in neurological and psychiatric disorders. *Brain Stimul.* 2021;14(3):724-37. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.brs.2021.03.016>
4. Lefaucheur JP, Aleman A, Baeken C, Benninger DH, Brunelin J, Di Lazzaro V, et al. Evidence-based guidelines on the therapeutic use of repetitive transcranial magnetic stimulation (rTMS): an update (2014-2018). *Clin Neurophysiol.* 2020;131(2):474-528. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinph.2019.11.002>
5. Brooke J. SUS: A “quick and dirty” usability scale. En: Jordan PW, Thomas B, Weerdmeester BA, McClelland IL, editors. *Usability Evaluation in Industry*. London: Taylor & Francis; 1996: 189-94. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781498710411-35>
6. Organización Panamericana de la Salud. Estrategia de salud digital para la región de las Américas. Washington, D.C.: OPS; 2022 [acceso 20/01/2026]. Disponible en: <https://iris.paho.org/handle/10665.2/56079>
7. Ministerio de Salud Pública de Cuba. Programa de formación de especialistas en Medicina Física y Rehabilitación. La Habana: MINSAP; 2023. p. 85. [acceso/15/03/2026]. Disponible en: <http://buscar.sld.cu/buscar/?q=programa+formaci%C3%B3n+medicina+f%C3%ADsica>

Conflicto de intereses

Los autores declaran que no existe conflicto de intereses.

Contribución de los autores

Conceptualización: Yisel Caymari López.

Curación de datos: Yilena de La Caridad Caymari López y Enrique Rafael Caymari Díaz.

Análisis formal: Yilena de La Caridad Caymari López y Enrique Rafael Caymari Díaz.

Investigación: Yisel Caymari López.

Metodología: Yaneisi López Pacheco.

Administración del proyecto: Yisel Caymari López

Recursos: Yaneisi López Pacheco y Enrique Rafael Caymari Díaz.

Software: Yaneisi López Pacheco y Enrique Rafael Caymari Díaz.

Supervisión: Cristina Guerra Frutos y Misleidis Salgado Ortiz.

Validación: Cristina Guerra Frutos y Yaneisi López Pacheco.

Visualización: Misleidis Salgado Ortiz.

Redacción-borrador original: Yisel Caymari López.

Redacción-revisión y edición: Yisel Caymari López.