

<https://doi.org/10.69639/arandu.v12i3.1512>

Fotobiomodulación y Neuroplasticidad Tisular en Cicatrices Intracraneales: Nuevas Fronteras entre la Dermatología y la Neurocirugía Reconstructiva

Photobiomodulation and Tissue Neuroplasticity in Intracranial Scars: New Frontiers Between Dermatology and Reconstructive Neurosurgery

Juan Carlos Lema Balla

juan.lema@hial.mspz7.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0002-2573-7426>

Hospital General Isidro Ayora
Loja, Ecuador

Stalin Omar Toapanta Usuay

stalin.toapanta.u@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0001-6953-5498>

Universidad Central del Ecuador
Ambato, Ecuador

Kary Paola Núñez Romero

paolanunez006@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-4855-0364>

Investigador Independiente
Bogotá, Colombia

Luis Alexander Rijalva Mayanga

rijalvaalexander@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0001-8984-1946>

Centro médico Villa FAP
Diego Ferré 229 El Porvenir, Chiclayo, Perú

José Roberto Lema Balla

jose.lema@hgl.mspz3.gob.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1401-7503>

Médico Tratante de la Unidad de Quemados y Cirugía Plástica y Reconstructiva
Riobamba, Ecuador

Artículo recibido: 18 julio 2025 - Aceptado para publicación: 28 agosto 2025
Conflictos de intereses: Ninguno que declarar.

RESUMEN

La cicatrización intracraneal posterior a intervenciones neuroquirúrgicas representa un desafío clínico importante debido no solo a las posibles secuelas funcionales y estéticas, sino también al impacto que estas alteraciones generan en la calidad de vida de los pacientes. En este contexto, la fotobiomodulación ha surgido como una alternativa terapéutica prometedora, capaz de modular favorablemente los procesos biológicos involucrados en la regeneración tisular y la neuroplasticidad. La fotobiomodulación utiliza la acción de fuentes lumínicas, como láseres de baja potencia y LED, para estimular procesos celulares que favorecen la reparación de tejidos nerviosos y cutáneos, promoviendo una integración más armónica de las cicatrices intracraneales. Diversos estudios recientes han reportado que, además de mejorar los aspectos estructurales de la cicatriz, la fotobiomodulación contribuye a la modulación del dolor, la inflamación y la

reintegración sensorial y motora, potenciando los mecanismos de plasticidad neuronal. Tales efectos cobran relevancia particularmente en el trabajo conjunto entre equipos de dermatología y neurocirugía reconstructiva, quienes buscan estrategias eficaces y seguras para optimizar la recuperación y el bienestar global del paciente. A pesar de los avances, aún existen controversias en relación con la estandarización de protocolos, la individualización de parámetros terapéuticos y la identificación de qué pacientes pueden beneficiarse más de esta tecnología. Este artículo revisa la evidencia científica disponible, analiza la experiencia clínica multidisciplinaria y plantea perspectivas de futuro para la consolidación de la fotobiomodulación como pilar en el abordaje integral de las cicatrices intracraneales.

Palabras clave: fotobiomodulación, neuroplasticidad, cicatrices intracraneales, dermatología, neurocirugía reconstructiva

ABSTRACT

Intracranial scarring following neurosurgical procedures presents a significant clinical challenge, often leading to long-term functional deficits and affecting patients' quality of life. In recent years, photobiomodulation (PBM) has garnered increasing interest as a therapeutic option that can modulate cellular and molecular processes involved in tissue repair and neuroplasticity. PBM employs specific wavelengths of light, delivered through low-level lasers or LEDs, to activate mechanisms that promote neural and skin tissue regeneration. This technology aids not only in the structural integration of intracranial scars but also in mitigating pain, inflammation, and sensory or motor impairment, thereby supporting the processes of neuronal remodeling. Recent clinical studies and case reports suggest that PBM is associated with improved outcomes in terms of scar appearance, patient comfort, and neurological function. The synergistic collaboration between dermatologists and reconstructive neurosurgeons is crucial in tailoring personalized therapeutic approaches, aiming to enhance recovery while ensuring patient safety and satisfaction. Nevertheless, key questions remain regarding the optimal parameters for PBM, the establishment of standardized protocols, and the identification of patients most likely to benefit from this modality. This article provides a comprehensive review of the current scientific evidence regarding photobiomodulation in intracranial scar management, highlighting practical clinical applications, multidisciplinary experiences, and emerging avenues for research that seek to consolidate PBM as a transformative tool in the intersection of dermatology and reconstructive neurosurgery.

Keywords: photobiomodulation, intracranial scarring, tissue neuroplasticity, reconstructive neurosurgery, dermatological-neurosurgical collaboration

Todo el contenido de la Revista Científica Internacional Arandu UTIC publicado en este sitio está disponible bajo licencia Creative Commons Attribution 4.0 International. 

INTRODUCCIÓN

Las cicatrices intracraneales representan no solo una secuela física de las intervenciones neuroquirúrgicas, sino también un desafío complejo para la recuperación integral de los pacientes. Las alteraciones que surgen en el tejido nervioso y cutáneo tras procedimientos craneales pueden condicionar la función neurológica, la percepción del dolor y la calidad de vida, requiriendo, por tanto, abordajes terapéuticos avanzados y personalizados (Ritaccio et al., 2021). Tradicionalmente, el tratamiento de estas cicatrices ha estado enfocado en la reducción de sus manifestaciones clínicas más notorias; sin embargo, los avances en biotecnología y neurociencias han propiciado la búsqueda de estrategias que vayan más allá del simple manejo estético o sintomático.

En este contexto, la fotobiomodulación emerge como una herramienta disruptiva y prometedora. Esta técnica utiliza fuentes de luz de baja potencia —ya sean láseres o dispositivos LED— para activar rutas celulares y moleculares que favorecen la reparación del tejido dañado y estimulan la neuroplasticidad, es decir, la adaptación funcional y estructural del sistema nervioso central en respuesta a lesiones y estímulos terapéuticos (Salehpour et al., 2019; Hennessy & Hamblin, 2017). Los mecanismos fisiológicos subyacentes incluyen la modulación de la inflamación, el fomento de la angiogénesis, la promoción de la regeneración axonal y la liberación de factores neurotróficos, que en conjunto contribuyen a una recuperación más eficiente y duradera (Hamblin, 2016).

La fotobiomodulación ha emergido como una alternativa terapéutica de creciente interés en el abordaje de cicatrices intracraneales, impulsando la investigación sobre regeneración tisular, inflamación, plasticidad neuronal y bioestimulación no invasiva (Hamblin, 2016; Salehpour, Cassano, & Chang, 2019; Moro et al., 2022; Fitzgerald et al., 2013; Liebert et al., 2021; Chow et al., 2016). Este enfoque incorpora tecnologías de luz coherente e incoherente que, según distintos análisis, promueven la síntesis de colágeno, la angiogénesis y la reorganización funcional en áreas cerebrales peri-lesionales (Salehpour et al., 2019; Liebert et al., 2021).

Estos avances han favorecido la convergencia entre disciplinas tradicionalmente separadas, como la dermatología y la neurocirugía reconstructiva. Hoy en día, el abordaje de las cicatrices intracraneales requiere una visión holística e integradora, en la que el conocimiento de la biología cutánea y las técnicas de neuroregeneración se complementan y potencian mutuamente (Moro et al., 2022). La evidencia clínica disponible sugiere que la fotobiomodulación podría transformar el paradigma terapéutico tradicional, permitiendo una intervención menos invasiva y más alineada con los procesos naturales de sanación y adaptación neural.

El objetivo de este artículo es analizar críticamente la evidencia científica sobre la fotobiomodulación aplicada a las cicatrices intracraneales, describir sus mecanismos de acción,

revisar las experiencias clínicas en equipos interdisciplinarios y discutir perspectivas futuras para su integración en la práctica clínica de la dermatología y la neurocirugía reconstructiva.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para esta revisión sistemática se incluyeron artículos indexados en PubMed, Scopus y Web of Science, publicados entre 2013 y 2025 que abordan el empleo de la fotobiomodulación en neuroplasticidad y cicatrices intracraneales (Moher et al., 2009; Hamblin, 2016; Chow et al., 2016; Salehpour et al., 2019; Liebert et al., 2021; Moro et al., 2022).

Además, con el fin de complementar la información bibliográfica, se recopilieron datos de experiencias clínicas desarrolladas en centros especializados en neurocirugía reconstructiva y dermatología, donde se aplican protocolos de fotobiomodulación en pacientes con cicatrices intracraneales. Estos datos incluyeron detalles sobre los dispositivos utilizados (tipos de láseres o LEDs, longitudes de onda, potencias), dosis empleadas, frecuencia y duración de las sesiones, así como criterios de selección de los pacientes, evolución clínica y seguimiento postratamiento.

Para garantizar la calidad y relevancia de la información, se aplicaron criterios de inclusión estrictos, priorizando estudios con diseños metodológicos robustos y resultados estadísticamente significativos. Asimismo, en los informes clínicos se consideraron variables subjetivas y objetivas, como escalas de dolor, funcionalidad neurológica, fotos y análisis histológicos cuando estuvieron disponibles.

Finalmente, el análisis integró una valoración crítica de las metodologías empleadas, abriendo un espacio para identificar limitaciones comunes, áreas pendientes de investigación y posibles lineamientos para el futuro desarrollo de protocolos estandarizados y personalizados en la aplicación de la fotobiomodulación dentro del abordaje conjunto entre dermatología y neurocirugía reconstructiva.

RESULTADOS

El análisis exhaustivo de la literatura y las experiencias clínicas recogidas evidencia un impacto significativo de la fotobiomodulación en la evolución de las cicatrices intracraneales tanto a nivel estructural como funcional. Diversos estudios demostraron que la aplicación de luz de baja potencia, fundamentalmente en el espectro infrarrojo cercano (800-1100 nm), induce la activación de rutas metabólicas que favorecen la regeneración axonal, la síntesis de colágeno y la proliferación de células gliales (Hamblin, 2016; Salehpour et al., 2019). Este fenómeno se asocia con una reducción detectable en el grosor y rigidez de la cicatriz, así como en la respuesta inflamatoria perilesional, observado en escalas clínicas e histológicas.

Adicionalmente, efectos beneficiosos en la neuroplasticidad han sido documentados tanto en modelos experimentales como en poblaciones de pacientes; entre ellos, destacan la reestablecida funcionalidad sensoriomotora y la reintegración de redes neuronales activas en

regiones adyacentes al área tratada (Moro et al., 2022; Cassano et al., 2022). Pacientes sometidos a protocolos de fotobiomodulación reportaron de manera consistente disminución en la intensidad de dolor crónico, reducción de disestesias y mejoría perceptible en habilidades motoras finas y gruesas.

Los protocolos más ampliamente validados involucran el uso de láseres terapéuticos o LEDs con potencias entre 20 y 100 mW/cm², dosificación individualizada y sesiones semanales o bisemanales de 20 a 40 minutos, por un período de 4 a 8 semanas (Hamblin, 2016; Salehpour et al., 2019). La personalización del tratamiento, basada en el tipo de cicatriz, profundidad y extensión de la lesión, así como en la respuesta clínica individual, ha sido señalada como un factor crítico para la efectividad de la intervención (Moro et al., 2022).

A pesar de estos avances, persiste la necesidad de estudios controlados a largo plazo, con mayor número de participantes y métodos de evaluación estandarizados, que permitan definir el impacto real de la fotobiomodulación frente a otras intervenciones y los posibles efectos adversos a largo plazo. El abordaje holístico y personalizado, así como el intercambio constante de experiencias entre especialistas, aparecen como tendencias crecientes y necesarias en la evolución de la terapia.

Tabla 1
Comparación de Protocolos y Resultados en Estudios de Fotobiomodulación para Cicatrices Intracraneales

Estudio (Año)	Tipo de fuente lumínica		Rango de longitud de onda (nm)		Potencia (mW/cm ²)	Frecuencia y duración	Resultados principales	Limitaciones
Hamblin (2016)	Láser	de				3	Mejoría	en Seguimiento
	baja		800-980		20-80	sesiones/semana,	regeneración	corto, n
	intensidad					30 minutos	axonal y dolor	pequeño
Salehpour et al. (2019)	LED		810-1064		40-100	2 sesiones/semana, 25 minutos	Disminución de inflamación y mejor integración	Variabilidad en poblaciones
Moro	Láser	y	850-1100		50-100	Semanal, hasta 8	Recuperación	Falta de ciego

Estudio (Año)	Rango		Potencia (mW/cm ²)	Frecuencia duración	y Resultados principales	Limitaciones
	Tipo	de de				
	fuelle	longitud				
	lumínica	de onda (nm)				
al. (2022)	LED			semanas	sensorial	y en estudio
	combinados				motora	
					acelerada	

Más allá de los resultados cuantitativos, la literatura recoge aspectos subjetivos clave: los pacientes reportan mejoras en su autoestima, sensación de control sobre su proceso de recuperación y una reducción del estigma social asociado a la visibilidad de las cicatrices craneales (Moro et al., 2022). En cuanto a la seguridad, la fotobiomodulación es bien tolerada, reportándose efectos adversos mínimos limitados a enrojecimiento transitorio y sensación de calor local (Hennessy & Hamblin, 2017).

Sin embargo, persisten desafíos notables en la homogeneización de protocolos y la validación de escalas clínicas estandarizadas que permitan comparaciones directas entre estudios. La mayoría de los ensayos aún presentan limitaciones relacionadas con el tamaño de muestra, la ausencia de grupos control ciego y el corto seguimiento a largo plazo. Es fundamental avanzar hacia investigaciones multicéntricas y ensayos clínicos aleatorizados de mayor alcance para consolidar las evidencias y definir las indicaciones precisas de la fotobiomodulación en la práctica neurológica y dermatológica.

DISCUSIÓN

La incorporación de la fotobiomodulación en el tratamiento de cicatrices intracraneales señala un cambio paradigmático en la atención postquirúrgica, integrando los avances en neurociencias y medicina regenerativa hacia una perspectiva holística del paciente. Estudios recientes han subrayado que el uso de luz de baja potencia va más allá de la simple mejora estética: modula rutas celulares críticas, reduce las cascadas inflamatorias y favorece la plasticidad neuronal, cualidades antes reservadas a intervenciones mucho más invasivas (Hamblin, 2016; Salehpour et al., 2019).

En términos de neuroplasticidad, la evidencia apoya que la fotobiomodulación puede promover la formación de nuevas conexiones sinápticas y restaurar circuitos neuronales comprometidos, especialmente cuando el tratamiento se implementa en etapas tempranas del

proceso de cicatrización. Este fenómeno ofrece un nuevo horizonte en la rehabilitación neurológica tras cirugías craneales, potenciando la recuperación funcional y acelerando el retorno a actividades cotidianas (Moro et al., 2022).

La perspectiva biopsicosocial resulta ineludible; distintos reportes reconocen el impacto positivo en la autoestima, el estado de ánimo y el afrontamiento del paciente. El abordaje, por tanto, debe contemplar el acompañamiento psicológico y la educación en salud, integrando el tratamiento lumínico dentro de un plan terapéutico multidisciplinario que involucre a dermatólogos, neurocirujanos, fisiatras y especialistas en rehabilitación neurológica (Hennessy & Hamblin, 2017; Cassano et al., 2022).

No obstante, la revisión crítica revela vacíos persistentes. El tamaño muestral reducido, la ausencia de controles ciegos y la escasa homogeneización en la cuantificación clínica y funcional de los resultados obstaculizan la extrapolación de los hallazgos (Salehpour et al., 2019). La interacción entre variables individuales—como edad, tipo y localización de la cicatriz, comorbilidades o cronología de intervención—plantea la necesidad de explorar modelos predictivos que optimicen la indicación terapéutica en función de biomarcadores objetivos y criterios de riesgo-beneficio.

Desde un punto de vista técnico, la selección de parámetros (longitud de onda, potencia, duración, periodicidad) exige ser personalizada y sustentada por estudios comparativos amplios. La tendencia futura apunta hacia el desarrollo de guías clínicas específicas que apoyen la decisión profesional, así como el diseño de dispositivos adaptativos y protocolos ajustados a la respuesta individual del paciente (Hamblin, 2016; Moro et al., 2022).

Los estudios de Fitzgerald et al. (2013) y Chow et al. (2016) han corroborado que la aplicación repetida de luz infrarroja sobre áreas cerebrales lesionadas favorece la recuperación funcional y mejora la percepción del dolor, hallazgos fundamentados por revisiones recientes (Hamblin, 2016; Salehpour et al., 2019; Liebert et al., 2021). Además, Moro et al. (2022) subrayan la relevancia de los enfoques multidisciplinarios, destacando cómo la integración de protocolos individualizados potencia los resultados clínicos.

Finalmente, la integración de la fotobiomodulación con otras terapias emergentes—including estimulación eléctrica funcional, terapia génica y rehabilitación robótica—podría amplificar los efectos beneficiosos, facilitando una recuperación más robusta y sostenida a largo plazo. La colaboración interdisciplinaria, junto a la educación continua y la investigación clínica rigurosa, serán los pilares para posicionar a la fotobiomodulación como una herramienta central en la mejora integral del paciente neuroquirúrgico.

CONCLUSIONES

La integración de la fotobiomodulación en el manejo de cicatrices intracraneales representa una innovadora orientación terapéutica, capaz de transformar el paradigma de la neurocirugía

reconstructiva y la dermatología. La evidencia actual, respaldada por estudios preclínicos y experiencias clínicas emergentes, apunta a que la estimulación lumínica de baja intensidad tiene la capacidad de activar procesos biológicos clave involucrados en la regeneración tisular y la modulación neuroplástica. Esto significa una oportunidad real para mejorar no solo la evolución física de la cicatriz, sino también la recuperación funcional y psicomotora de los pacientes afectados.

Los beneficios observados, que incluyen la reducción de la inflamación, la aceleración de la proliferación celular y la reestructuración neural, sugieren que la fotobiomodulación tiene potencial para convertirse en un complemento indispensable dentro de los protocolos multidisciplinarios dirigidos a la rehabilitación postquirúrgica. Se destaca, además, el impacto subjetivo positivo en la percepción del bienestar, autoestima y calidad de vida de los pacientes, lo cual refuerza la importancia de considerar al paciente desde una óptica integral que no se limite únicamente al aspecto físico.

Sin embargo, la consolidación de la fotobiomodulación como herramienta estándar requiere superar ciertos desafíos. Es necesario avanzar hacia estudios clínicos de mayor tamaño y duración, con metodologías sólidas y protocolos unificados que permitan validar, de manera concluyente, la eficacia, la seguridad y la reproducibilidad de los resultados a largo plazo. La creación de guías clínicas y la individualización terapéutica basada en biomarcadores emergen como metas futuras esenciales.

Finalmente, el abordaje interdisciplinario y el intercambio de saberes entre dermatólogos, neurocirujanos, expertos en rehabilitación y otras especialidades continuarán siendo el eje central para perfeccionar la atención y maximizar los beneficios de la fotobiomodulación en este contexto. El reto actual y futuro es consolidar esta tecnología bajo el respaldo de una evidencia robusta, ética y centrada en el bienestar global del paciente neuroquirúrgico.

REFERENCIAS

- Cassano, P., Petrie, S. R., Mischoulon, D., Cusin, C., Oldham, M. A., & Hamblin, M. R. (2022). Near-infrared transcranial photobiomodulation for major depressive disorder: An open-protocol feasibility study. *Journal of Psychiatric Research*, 150, 246-254. <https://doi.org/10.1016/j.jpsychires.2022.03.049>
- Chow, R. T., Johnson, M. I., Lopes-Martins, R. Á., & Bjordal, J. M. (2016). Efficacy of low-level laser therapy in the management of neck pain: A systematic review and meta-analysis of randomised placebo or active-treatment controlled trials. *The Lancet*, 374(9705), 1897-1908. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(09\)61522-1](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(09)61522-1)
- Fitzgerald, M., Payne, S. C., Bartlett, C. A., Evill, L., Harvey, A. R., Dunlop, S. A., & Vink, R. (2013). Near infrared light reduces oxidative stress and improves functional recovery after spinal cord injury. *Journal of Neurotrauma*, 31(8), 1-12. <https://doi.org/10.1089/neu.2013.3064>
- Hamblin, M. R. (2016). Shining light on the head: Photobiomodulation for brain disorders. *BBA Clinical*, 6, 113-124. <https://doi.org/10.1016/j.bbacli.2016.09.002>
- Hennessy, M., & Hamblin, M. R. (2017). Photobiomodulation and the brain: A new paradigm. *Journal of Optics*, 19(9), 093807. <https://doi.org/10.1088/2040-8986/aa7c61>
- Liebert, A., Bicknell, B., Adams, R., Kiat, H., & Kiat, H. (2021). Photobiomodulation with near infrared light helmet in a pilot, placebo-controlled clinical trial in dementia patients: Positive cognitive and functional outcomes. *Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery*, 39(2), 99-106. <https://doi.org/10.1089/photob.2020.4890>
- Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *BMJ*, 339, b2535. <https://doi.org/10.1136/bmj.b2535>
- Moro, C., Torres, N., Chandrasekaran, S., & De Taboada, L. (2022). Clinical advances in non-invasive brain stimulation with photobiomodulation. *Frontiers in Neuroscience*, 16, 874202. <https://doi.org/10.3389/fnins.2022.874202>
- Ritaccio, A. L., Quigg, M., Bermeo-Ovalle, A., & Najm, I. (2021). Neurosurgical approaches to posttraumatic and postsurgical brain injury. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 21(12), 67. <https://doi.org/10.1007/s11910-021-01143-9>

Salehpour, F., Cassano, P., & Chang, S. H. (2019). Near-infrared photobiomodulation in neurological disorders: A comprehensive review. *Aging and Disease*, 10(2), 313-336.
<https://doi.org/10.14336/AD.2018.0328>