

HERMENÉUTICA CROSSMODAL EN NEUROEDUCACIÓN

CROSSMODAL HERMENEUTICS IN NEUROEDUCATION

Fredy Gustavo Paredes Cuenca¹

Deisi Cecibel Yunga Godoy²

RESUMEN: La neuroeducación ha ampliado la comprensión de los procesos de aprendizaje al integrar los aportes de la neurociencia cognitiva, la psicología y las ciencias de la educación. En este contexto, la hermenéutica crossmodal emerge como una propuesta teórica que articula la construcción de significado con los mecanismos neurobiológicos de integración multisensorial y plasticidad cerebral. El presente estudio tiene como objetivo analizar los fundamentos conceptuales de la hermenéutica crossmodal y discutir sus contribuciones para el diseño de estrategias pedagógicas orientadas al aprendizaje significativo. Se trata de una investigación cualitativa, de carácter teórico, desarrollada mediante una revisión narrativa de la literatura, basada en publicaciones nacionales e internacionales sobre hermenéutica, neuroeducación, percepción crossmodal, integración multisensorial, neuroplasticidad y procesos cognitivos relacionados con el aprendizaje. El análisis evidencia que el cerebro interpreta la información mediante redes distribuidas que integran diferentes modalidades sensoriales, favoreciendo la atención, la memoria, las funciones ejecutivas y la construcción de significados. Asimismo, se observa que la organización coherente de estímulos multisensoriales puede potenciar el aprendizaje tanto en las ciencias médicas como en las ciencias sociales y humanísticas, siempre que responda a principios de coherencia semántica y evite la sobrecarga cognitiva. Se concluye que la hermenéutica crossmodal constituye un marco teórico prometedor para la neuroeducación contemporánea, al ofrecer fundamentos científicos y filosóficos para el desarrollo de prácticas pedagógicas más integradoras, contextualizadas y centradas en el funcionamiento del cerebro humano.

Palabras clave: Hermenéutica; Neuroeducación; Crossmodalidad; Plasticidad cerebral; Integración multisensorial.

ABSTRACT: Neuroeducation has expanded the understanding of learning processes by integrating contributions from cognitive neuroscience, psychology, and educational sciences. Within this context, crossmodal hermeneutics emerges as a theoretical framework that articulates meaning-making with the neurobiological mechanisms of multisensory integration and brain plasticity. This study aims to analyze the conceptual foundations of crossmodal hermeneutics and discuss its contributions to the design of pedagogical strategies that promote meaningful learning. This is a qualitative, theoretical investigation developed through a narrative literature review based on national and international publications addressing hermeneutics, neuroeducation, crossmodal perception, multisensory integration, neuroplasticity, and cognitive processes related to learning. The analysis indicates that the brain interprets information through distributed neural networks that integrate multiple sensory modalities, thereby enhancing attention, memory, executive functions, and the construction of meaning. Furthermore, the findings suggest that the coherent organization of multisensory stimuli can strengthen learning in both medical education and the social sciences and humanities, provided that such integration follows principles of

¹ Fredy Gustavo Paredes Cuenca, Doctor en Medicina y Cirugía. fgparedes@utpl.edu.ec

² Deisi Cecibel Yunga Godoy. Doctora em Educação. dcyunga@utpl.edu.ec

semantic coherence and avoids excessive cognitive load. It is concluded that crossmodal hermeneutics represents a promising theoretical framework for contemporary neuroeducation by providing scientific and philosophical foundations for the development of more integrative, contextualized, and brain-informed educational practices.

Keywords: Hermeneutics; Neuroeducation; Crossmodality; Brain Plasticity; Multisensory Integration.

INTRODUCCIÓN

La neuroeducación se ha consolidado en las últimas décadas como un campo interdisciplinario que integra los aportes de las neurociencias, la psicología cognitiva y las ciencias de la educación con el propósito de comprender los mecanismos que sustentan el aprendizaje humano y contribuir al diseño de prácticas pedagógicas más eficaces. Este enfoque parte del reconocimiento de que enseñar y aprender no constituyen procesos exclusivamente pedagógicos, sino también fenómenos biológicos, cognitivos, emocionales y sociales que dependen del funcionamiento integrado del sistema nervioso.

Los avances recientes en neurociencia han demostrado que el cerebro procesa la información mediante redes distribuidas que integran continuamente estímulos provenientes de diferentes modalidades sensoriales. La percepción del entorno no ocurre de forma aislada para cada sentido, sino mediante mecanismos de integración multisensorial que permiten construir representaciones coherentes de la realidad, optimizando la atención, la memoria, la toma de decisiones y la resolución de problemas. Estos hallazgos cuestionan los modelos educativos tradicionales basados en la fragmentación de los estímulos y abren nuevas posibilidades para comprender el aprendizaje desde una perspectiva sistémica e integrada.

En este contexto adquiere especial relevancia el concepto de crossmodalidad, entendido como la capacidad del sistema nervioso para combinar información visual, auditiva, táctil, espacial, propioceptiva y otras modalidades sensoriales durante la construcción del conocimiento. Numerosas investigaciones en neurociencia cognitiva evidencian que esta integración favorece la consolidación de la memoria, incrementa la eficiencia del procesamiento cognitivo y fortalece la plasticidad cerebral, constituyendo uno de los fundamentos biológicos del aprendizaje significativo.

Paralelamente, la hermenéutica ofrece un marco filosófico que permite comprender el aprendizaje como un proceso permanente de interpretación y construcción de significado. Desde esta perspectiva, el estudiante no actúa como un receptor pasivo de información, sino como un sujeto que interpreta continuamente los estímulos del entorno a partir de sus conocimientos previos, sus experiencias, sus emociones y su contexto sociocultural. En consecuencia, comprender implica reorganizar constantemente las representaciones mentales mediante un proceso dinámico de atribución de sentido.

La convergencia entre la hermenéutica y la neuroeducación permite ampliar la comprensión de los procesos educativos al reconocer que la interpretación no depende exclusivamente del lenguaje, sino también de la manera en que el cerebro integra la

información procedente de diferentes canales sensoriales. Así, la hermenéutica crossmodal puede entenderse como un enfoque teórico que articula la construcción de significado con los mecanismos neurobiológicos de integración multisensorial y plasticidad cerebral, proporcionando una perspectiva innovadora para el diseño de experiencias de aprendizaje más significativas.

Las implicaciones de este enfoque trascienden las ciencias médicas y alcanzan igualmente las ciencias sociales, las humanidades y otras áreas del conocimiento. En todos estos campos, la organización coherente de estímulos visuales, auditivos, espaciales, corporales y emocionales puede favorecer el desarrollo del pensamiento crítico, la comprensión conceptual, la memoria a largo plazo y la transferencia del aprendizaje a situaciones reales.

Desde esta perspectiva, la hermenéutica crossmodal no pretende sustituir los fundamentos pedagógicos tradicionales, sino ampliar las posibilidades interpretativas del aprendizaje mediante el diálogo entre diferentes campos del conocimiento. En este sentido, la neuroeducación constituye un espacio genuinamente interdisciplinario en el que convergen las neurociencias, la psicología del comportamiento y las ciencias de la educación, posibilitando comprender el aprendizaje desde una perspectiva simultáneamente biológica, cognitiva y pedagógica. No obstante, uno de los principales desafíos continúa siendo la traducción de los avances científicos sobre el funcionamiento cerebral en estrategias didácticas capaces de transformar efectivamente la práctica educativa (Pacífico et al., 2024). Esta aproximación resulta especialmente pertinente para la hermenéutica crossmodal, pues la construcción de significados depende tanto de la interpretación de los estímulos como de la integración funcional de múltiples sistemas cognitivos y sensoriales.

En este contexto, el presente artículo tiene como objetivo analizar los fundamentos teóricos de la hermenéutica crossmodal desde la perspectiva de la neuroeducación, examinando las evidencias científicas sobre la integración multisensorial y la plasticidad cerebral, así como sus implicaciones para el diseño de estrategias pedagógicas dirigidas a potenciar la construcción de significados y el aprendizaje en diferentes contextos educativos.

METODOLOGIA

La presente investigación se caracteriza como un estudio cualitativo, de naturaleza teórica, desarrollado mediante una revisión narrativa de la literatura. Esta modalidad metodológica permite integrar conocimientos provenientes de diferentes campos disciplinares y establecer relaciones conceptuales entre la filosofía hermenéutica, la neurociencia cognitiva y la neuroeducación, favoreciendo la construcción de un marco interpretativo para comprender los procesos de aprendizaje desde una perspectiva crossmodal.

La revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante la consulta de artículos científicos publicados en revistas arbitradas, libros especializados y documentos de

referencia nacionales e internacionales relacionados con la hermenéutica, la percepción crossmodal, la integración multisensorial, la plasticidad cerebral, el aprendizaje, la memoria, la atención, las funciones ejecutivas y la neuroeducación. Asimismo, se incorporaron estudios clásicos considerados fundacionales para la comprensión de estos constructos, junto con investigaciones recientes que reflejan los avances contemporáneos en el área.

La selección de las fuentes priorizó trabajos con reconocida relevancia científica, buscando reunir evidencias que permitieran establecer un diálogo interdisciplinario entre los aportes filosóficos de la hermenéutica y los hallazgos de las neurociencias sobre el procesamiento de la información, la integración sensorial y la reorganización funcional del sistema nervioso. No se pretendió realizar una revisión sistemática con criterios de metaanálisis, sino una síntesis crítica orientada a identificar convergencias teóricas, vacíos de investigación y posibilidades de aplicación educativa.

El proceso de análisis se desarrolló mediante una lectura analítica e interpretativa de las publicaciones seleccionadas. Posteriormente, los contenidos fueron organizados en cuatro ejes temáticos: (a) fundamentos hermenéuticos de la construcción del significado; (b) percepción crossmodal e integración multisensorial; (c) plasticidad cerebral y mecanismos neurobiológicos del aprendizaje; y (d) implicaciones pedagógicas para la educación médica, las ciencias sociales y las humanidades. A partir de estos ejes se establecieron relaciones conceptuales que permitieron elaborar una propuesta integradora sobre la hermenéutica crossmodal como fundamento de la neuroeducación contemporánea.

El análisis fue conducido desde una perspectiva hermenéutica, entendiendo que la producción del conocimiento no depende únicamente de la descripción de los fenómenos, sino también de la interpretación de las evidencias disponibles y de las relaciones establecidas entre ellas. En consecuencia, la discusión buscó articular los resultados de diferentes investigaciones con el propósito de comprender cómo la integración de múltiples modalidades sensoriales puede favorecer la construcción de significados, la consolidación de la memoria, el fortalecimiento de la plasticidad cerebral y el desarrollo de experiencias de aprendizaje más significativas.

Finalmente, se reconoce que las interpretaciones presentadas poseen un carácter eminentemente teórico y constituyen una propuesta conceptual susceptible de ser contrastada mediante investigaciones empíricas. En este sentido, el estudio ofrece fundamentos para futuras investigaciones experimentales orientadas a evaluar el impacto de estrategias pedagógicas basadas en la integración crossmodal sobre variables como el aprendizaje significativo, la memoria de trabajo, las funciones ejecutivas, la atención y el rendimiento académico en diferentes contextos educativos.

REFERENCIAL TEÓRICO

Percepción Crossmodal. Ruptura del Aislamiento Sensorial

La percepción crossmodal o intermodal es la capacidad del sistema nervioso de combinar, integrar y procesar información proveniente de dos o más receptores sensoriales diferentes de forma simultánea. En lugar de experimentar los sentidos (vista, oído, tacto, gusto, olfato) de manera aislada, el sistema nervioso los cruza para crear una percepción unificada y coherente del entorno, lo que implica una interacción entre diferentes modalidades sensoriales y cómo la estimulación de un sentido altera o enriquece la percepción de otro en forma cruzada o intermodal, lo que genera una oscilación continua. Granado De la Cruz, E., et al (2025). Cappe, C., et al (2009). Senkowski, D., et al (2008). Zuo, Y., & Wang, Z. (2024).

El psicólogo Harry McGurk y su colega John MacDonald publicaron el descubrimiento sobre la percepción multisensorial en la revista Nature en diciembre de 1976. El artículo original se titula "Hearing lips and seeing voices" (Escuchar labios y ver voces). El estudio original, documenta el hallazgo de esta ilusión audiovisual. El fenómeno ocurre cuando el cerebro entra en conflicto al recibir información visual y auditiva incongruente, lo que lo lleva a percibir un tercer sonido de forma ilusoria. McGurk, H., MacDonald, J. (1976).

El efecto McGurk muestra lo que significa un fenómeno donde la actividad auditiva y visual que no coinciden pueden influir en la percepción del habla, generando una tercera versión de lo que se escucha, lo que determina tener un resultado intermedio generado en el giro y surco temporal superior izquierdo que asocia como el centro integrador multimodal de la actividad auditiva y visual, la ínsula, cíngulo principal, surco y giro precentral, surco interparietal, polo occipital. Benoit, M. M., et al (2010). Omata, K., & Mogi, K. (2008). Quabs, J., Bittner, N., & Caspers, S. (2025).

Charles Spence por otro lado, a determinado variaciones en la forma de percepción de estímulos cuando se añade más de un sentido en la experiencia, como ejemplo tenemos que se modifica la percepción del gusto si durante la degustación se escucha diferentes tipos de música. Spence, C., & Wang, Q. (2015). Hauck, P., & Hecht, H. (2019).

Un estímulo auditivo puede modificar la latencia y la agudeza de una respuesta visual con efecto crossmodal. Barbosa, F., & Wang, Q. J. (2024). La corteza de la ínsula y corteza prefrontal sirve como centros clave para la integración de la información auditiva y gustativa. Skirzewski, M., et al (2022).

Estos antecedentes nos llevan de identificar el enorme reto que abarca diseñar estrategias educativas asumiendo que los canales visuales, auditivos y cinestésicos difieren de ser vías paralelas e independientes.

Desde la realidad neurobiológica, las áreas de asociación de la corteza cerebral, corteza temporal superior, intraparietal integran la información simultáneamente, luego de pasar un tamizaje de relevancia utilitaria para el momento, contexto, y tema tratado; la modulación de la información está a cargo del Tálamo, Amígdala cerebral, Núcleos basales, Sistema Activador Reticular Ascendente. Alanazi, F. I., et al (2024). Redinbaugh, M. J., & Saalman, Y. B. (2024). Young, G. B. (2014). Maldonato, M. (2014).

Implicación Pedagógica Crítica

La condición del sistema nervioso intrínsecamente crossmodal, debe reconfigurar la educación de vanguardia que debe abstenerse de fragmentar los estímulos. Así mismo, debe considerar el sinergismo sensorial que potencia el aprendizaje. La sinergia multisensorial como asociar conceptos abstractos con metáforas visuales de alto impacto estético, ritmos acústicos o experiencias espaciales que aceleran la codificación sináptica porque respeta la arquitectura natural del procesamiento cerebral.

El verdadero desafío de introducir la hermenéutica crossmodal en la neuroeducación radica en evitar la sobresaturación. La tendencia de creer que más estímulos equivalen a más aprendizaje puede ser contraproducente, pero estímulos adecuados pueden potenciar el aprendizaje. Beer, A. L., et al (2011). Pitts, B., Riggs, S. L., & Sarter, N. (2016).

La integración crossmodal efectiva requiere coherencia semántica. Si los estímulos visuales, auditivos o textuales no apuntan hacia el mismo núcleo significativo hermenéutico, el resultado no es plasticidad constructiva, sino carga cognitiva extrínseca y distracción. Kester, L., et al (2006). Minimizar la carga cognitiva ajena a la tarea evita distracciones y la información innecesaria para reducir la carga cognitiva ajenas a los objetivos del aprendizaje. Entre las técnicas se incluyen los principios de coherencia, señalización y contigüidad espacial y temporal. Shylaja, P., & Jayasudha, J. S. (2025). El cerebro sobreestimulado no interpreta; se defiende bloqueando el exceso de información que provoca alteraciones en la actividad cerebral con la disminución en la conectividad de redes cerebrales clave, como las del hipocampo y la radiación talámica posterior, lo que afecta funciones cognitivas como la memoria de trabajo y la función ejecutiva; lo que es crucial en educación médica en el que se trabaja bajo presión que genera procesos de stress crónico que afecta el desempeño. McManus, E., et al (2022).

La plasticidad cerebral o neuroplasticidad como sustrato de la crossmodalidad es la capacidad del sistema nervioso para modificarse estructural y funcionalmente adaptándose a los nuevos estímulos. Goble, T. J., et al (2009).

Es el motor material de la hermenéutica: cada nueva interpretación del mundo físico o conceptual reconfigura la conectividad sináptica, lo que define patrones nuevos sobre la base preexistente de redes preestablecidas por la experiencia previa, memoria genética. Lunde K, et al. (2012) Sun, C., et al (2025).

El Vínculo con de la Crossmodalidad con la plasticidad neuronal se establece cuando un sujeto se expone a entornos de aprendizaje crossmodales, multisensoriales y significativos, en donde la plasticidad no se limita a un área unimodal. Se produce una reorganización a gran escala la denominada Crossmodal plasticity. En la lectura, la corteza visual es reclutada para procesar símbolos que representan sonidos. En la ceguera o privación sensorial, la corteza visual occipital se reorganiza para procesar el tacto usado en el Braille o la audición potenciada.

En el aula regular, potenciar la plasticidad crossmodal implica activar redes

neuronales distribuidas, lo que genera huellas de memoria o engramas mucho más resilientes al olvido.

Para fundamentar una síntesis epistemológica en el enfoque neuroeducativo estos conceptos en la práctica docente o en la investigación metodológica, podemos observar su interacción en la siguiente matriz:

CONCEPTO	DIMENSIÓN FILOSÓFICA / COGNITIVA	MANIFESTACIÓN NEUROBIOLÓGICA	APLICACIÓN PRÁCTICA EN EL AULA
Hermenéutica	Comprensión y asignación de significado.	Modelos predictivos cerebrales (Codificación Predictiva).	Aprendizaje basado en problemas; andamiaje basado en conocimientos previos.
Crossmodalidad	Experiencia unificada e integrada del mundo.	Activación de áreas de asociación multisensorial.	Diseño didáctico integrador (visual, conceptual, auditivo, espacial).
Plasticidad	Adaptación, cambio y evolución del ser.	Potenciación a largo plazo (LTP) y remodelación de espinas dendríticas. ³	Práctica reflexiva, espaciada y con variabilidad de contextos para evitar la mecanización.

La educación médica como prioridad personal, institucional y desde el punto de vista humano requiere de atención especial por la trascendencia y los efectos sobre la sociedad, porque reciben el producto, como un insumo social con todo lo que eso implica esta descomedida adjetivación, sino porque los profesionales en formación en proceso de educación médica son posteriormente los protagonistas en la atención de salud de la población general. Por lo tanto, para potenciar el aprendizaje médico de manera verdaderamente efectiva, no basta con acumular estímulos al azar. Desde la perspectiva de la percepción crossmodal y la neuroeducación, la combinación de sentidos debe seguir una coherencia semántica y funcional. El cerebro procesa mejor cuando los estímulos se validan mutuamente, reduciendo la carga cognitiva y acelerando la plasticidad estructural.

En la formación médica, la integración sensorial idónea debe estructurarse bajo combinaciones específicas según la competencia que se desee desarrollar:

El Trilogía Clínica: Visual - Háptico - Propioceptivo

³ *Las espinas dendríticas son diminutas protuberancias en las neuronas que miden entre 0.2 y 2.2 μm de longitud. Tienen un volumen microscópico de 0.001 a 1 μm^3 y su densidad a lo largo de la dendrita varía de 1 a 10 espinas por cada micrómetro.

Esta es la combinación fundamental para el desarrollo de destrezas quirúrgicas, procedimientos invasivos como accesos venosos, suturas y la exploración física para palpación, percusión.

- Visual: El estudiante observa la anatomía topográfica o el tejido.
- Háptico (Tacto activo y presión): Siente la resistencia, textura y elasticidad de los tejidos (la diferencia entre perforar piel, grasa o fascia).
- Propioceptivo: La conciencia de la posición, fuerza y movimiento de sus propias manos e instrumental en el espacio.

La simulación actualmente usada tiene a su disposición muchos simuladores en realidad virtual que pueden fallar porque descuidan el componente háptico. El cerebro experimenta una disonancia cognitiva cuando ve una aguja penetrar un vaso sanguíneo pero los dedos no perciben la resistencia del tejido al ser perforado, este paso se lo percibe con mayor claridad en la pleura parietal, o la duramadre atravesando el espacio epidural medular o al perforar con la aguja la fascia muscular o el cambio de presión. La plasticidad cerebral y la memoria procedimental se consolidan mucho más rápido cuando la resistencia táctil coincide milimétricamente con el estímulo visual. Las interacciones visuales y táctiles se han estudiado cómo la interacción entre modalidades sensoriales, como la visual y la táctil, puede influir en la percepción y el procesamiento. En personas con ceguera congénita, la información táctil y auditiva puede compensar la falta de visión mediante mecanismos de plasticidad cerebral, lo que sugiere que el cerebro puede reorganizarse para integrar estímulos multisensoriales. Occelli, V., Spence, C., & Zampini, M. (2013).

El Binomio de Diagnóstico Físico: Acústico – Visual

Esencial para la semiología clínica, especialmente en la auscultación cardiopulmonar y el examen de reflejos.

- El Error Común: Aislar los sentidos. Hacer que el estudiante escuche un soplo cardíaco en un audio mientras mira el techo, o que memorice un fonocardiograma plano en un libro.
- La Combinación Eficiente: El estudiante debe auscultar el sonido (estímulo acústico) al mismo tiempo que observa una animación dinámica tridimensional del ciclo cardíaco (estímulo visual) que muestre exactamente qué válvula se abre o cierra en ese milisegundo.

La corteza temporal superior integra ambos estímulos, transformando un "ruido" abstracto en un concepto interpretado (hermenéutica clínica). Al enfrentarse al paciente real, el sonido evocará de inmediato la imagen mental de la disfunción anatómica.

Integración Visuoconceptual y Espacial (Anatomía e Imagenología)

Para la lectura de tomografías (TAC), resonancias (RMN) o el estudio de la anatomía humana, el cerebro requiere transitar entre lo bidimensional y lo tridimensional.

- **Combinación:** Estímulo visual abstracto (planos de corte anatómico en 2D) combinado con estímulo espacial-cinestésico (manipulación física de modelos 3D o navegación interactiva).
- **Mecanismo:** El cerebro médico debe aprender a realizar "rotaciones mentales". Combinar la vista de un corte axial con la manipulación física o virtual del órgano completo activa los surcos intraparietales, encargados del procesamiento espacio-temporal, facilitando la transición del libro de texto a la mesa de operaciones o la pantalla del radiólogo.

El Sentido del Olvido: Olfato - Memoria Emocional

Aunque subestimado en el diseño curricular formal, el olfato está conectado directamente con el sistema límbico (amígdala e hipocampo) sin pasar primero por el tálamo.

- En la práctica médica real, ciertos olores son diagnósticos o críticos (la cetoacidosis diabética, infecciones por *Pseudomonas*, gangrena, o la uremia en pacientes renales extremos).
- Introducir de manera controlada estímulos olfativos simulados en escenarios de alta fidelidad no solo prepara al estudiante para el choque del entorno clínico real, sino que actúa como un fijador de memoria episódica. El contexto emocional y olfativo hace que el caso clínico sea prácticamente imposible de olvidar.

Resumen de Coherencia Sensorial

Las propuestas de combinaciones que potencien el aprendizaje y no generen fatiga neurocognitiva, debe definir una estructura para evitar saturación, dicha estructura debe tener los siguientes componentes:

COMPETENCIA MÉDICA	SENTIDOS PRIMARIOS A COMBINAR	OBJETIVO NEUROEDUCATIVO
Destreza Quirúrgica / Procedimental	Visual + Háptico + Propioceptivo	Desarrollo de memoria procedimental mieloarquitectónica (automatización motora).
Semiología y Diagnóstico	Acústico + Visual Dinámico	Construcción de modelos predictivos (asociar el sonido con la mecánica del órgano).
Razonamiento Anatómico /	Visual 2D/3D + Manipulación Espacial	Plasticidad crossmodal en áreas de asociación parietal (rotación y

COMPETENCIA MÉDICA	SENTIDOS PRIMARIOS A COMBINAR	OBJETIVO NEUROEDUCATIVO
Radiológico		ubicación espacial).
Urgencias / Simulación de Entorno	Emocional + Olfativo + Auditivo (alarmas)	Gestión del estrés ⁴ y fijación de memoria episódica a largo plazo.

Crossmodalidad en Neuroeducación en Ciencias Sociales y Humanísticas

Por otra parte, si en las ciencias médicas la combinación sensorial busca la precisión psicomotora y la fidelidad diagnóstica en el hacer, en las Ciencias Sociales y Humanísticas el objetivo es radicalmente distinto. En esta área del conocimiento, la hermenéutica crossmodal busca la abstracción conceptual, la empatía histórica, la comprensión de estructuras invisibles (relaciones de poder, flujos económicos y el pensamiento crítico.

Para potenciar este aprendizaje, el cerebro no necesita replicar un tejido físico, sino corporalizar una idea. La combinación de percepciones debe transformar conceptos abstractos en experiencias perceptibles.

Estas son las combinaciones sensoriales más potentes desde la neuroeducación para este campo:

El Binomio Visuo-Espacial y Conceptual (Para la Estructuración de Ideas)

Las ciencias sociales sufren a menudo de un exceso de carga verbal (textos densos, conferencias largas) que satura la memoria de trabajo fonológica.

- **Combinación:** Estímulo auditivo/textual (el argumento analítico) + Estímulo visuo-espacial (cartografía social, diagramas relacionales tridimensionales, líneas de tiempo físicas).
- **Mecanismo Neuroeducativo:** El cerebro procesa el lenguaje de forma secuencial (un dato tras otro), pero procesa el espacio de forma simultánea. Al mapear un concepto sociológico (por ejemplo, las rutas del comercio colonial o las redes de influencia de la Ilustración) en un espacio visual estructurado, el surco intraparietal y la corteza visual colaboran con las áreas del lenguaje.

- **El resultado:** El estudiante no solo "lee" la teoría; "ve" la distancia, el peso y la relación entre las variables sociales.

Audio-Inmersión y Narrativa Visual (Para la Empatía y la Memoria Histórica)

La historia y la antropología a menudo se enseñan de manera incorpórea, como una lista de fechas muertas. Para activar la memoria episódica (la memoria de los hechos vividos) y el sistema de neuronas espejo (base de la empatía), se debe simular la presencia

⁴ Gestión del estrés es particularmente importante en la práctica médica.

del sujeto en el hecho social.

- **Combinación:** Estímulos acústicos ambientales (paisajes sonoros históricos, discursos originales, música de la época) + Estímulo visual documental o artístico.
- **Mecanismo:** Escuchar el murmullo de una fábrica de la Revolución Industrial o el sonido de una plaza pública en el siglo XIX, mientras se analiza una pintura o un texto de la época, activa la corteza auditiva secundaria y el sistema límbico.
- **Crítica Pedagógica:** Leer sobre la Guerra Fría produce datos; escuchar las alarmas de la época y las grabaciones de radio originales en un aula a oscuras genera una experiencia perceptiva que el cerebro codifica como un "evento vivido". La interpretación hermenéutica se vuelve profunda porque hay un anclaje emocional.

Propiocepción, Cinestesia y Expresión Verbal (La Corporalización del Pensamiento)

El pensamiento abstracto de las humanidades (la filosofía, la ética, la política) puede beneficiarse enormemente del aprendizaje situado y corporalizado (embodied cognition).

- **Combinación:** Movimiento corporal (desplazamiento en el espacio, debates en movimiento, juegos de rol performativos) + Estímulo fonológico/verbal.
- **Mecanismo:** Sentar a los estudiantes en filas a discutir sobre la democracia es neurobiológicamente incoherente con el concepto. Si se utiliza el espacio físico para representar posturas ideológicas (por ejemplo, moverse físicamente a lo largo de un eje en el suelo según el grado de acuerdo con un filósofo), el sistema motor y propioceptivo se involucra en el juicio moral.
- **El resultado:** El movimiento físico actúa como un andamiaje cognitivo. La memoria procedimental (el cuerpo en movimiento) se alía con la memoria semántica, haciendo que los argumentos teóricos se fijen con mayor tenacidad.

Estética Visual y Textual (Hermenéutica del Arte y la Literatura)

En el análisis humanístico, el arte no es un adorno; es una forma de conocimiento.

- **Combinación:** Percepción visual formal (estilos artísticos, arquitectura) + Interpretación lingüística y semántica.
- **Mecanismo:** Exponer al cerebro a contradicciones visuales o a estéticas disruptivas (por ejemplo, el expresionismo para explicar el trauma social de las guerras mundiales) rompe las predicciones automatizadas del cerebro anterior. Esta "sorpresa perceptual" activa los sistemas de dopamina, que incrementan la plasticidad sináptica en la corteza prefrontal, predisponiendo al estudiante a un análisis crítico y analítico superior de los textos filosóficos o literarios que acompañan a esa época.

Matriz de Integración Sensorial en Humanidades y Ciencias Sociales

Para evitar la saturación en el aula o en el diseño de materiales didácticos, la

combinación debe ser estratégica:

DISCIPLINA	SENTIDOS A COMBINAR	OBJETIVO NEUROEDUCATIVO	EVITAR
Historia / Antropología	Acústico Inmersivo + Visual Emocional	Activación límbica ⁵ y de neuronas espejo para generar empatía histórica y memoria episódica.	Memorizar cronologías planas sin contexto humano o sonoro.
Sociología / Economía	Textual/Abstracto + Visuo-Espacial	Reducción de la carga cognitiva mediante el mapeo de estructuras de poder o flujos en redes visuales.	Explicar sistemas complejos únicamente mediante textos lineales extensos.
Filosofía / Política / Ética	Propioceptivo / Cinestésico + Debate Verbal	Corporalización del pensamiento (<i>embodied cognition</i>). Uso del espacio físico para estructurar dilemas morales.	Mantener al estudiante estático en un escritorio debatiendo conceptos sobre la libertad o la acción social.

Crossmodalidad en Neuroeducación en Ciencias Sociales y Humanísticas

En las ciencias exactas y naturales como Física, Química, Matemáticas, Biología, el desafío neuroeducativo es monumental: el cerebro humano no evolucionó para comprender de forma innata el cálculo infinitesimal, la mecánica cuántica o la replicación molecular. Estas disciplinas exigen un nivel de abstracción que choca con nuestra percepción macroscópica y cotidiana del mundo.

Para potenciar este aprendizaje, la hermenéutica crossmodal no busca generar empatía como en las Humanidades, ni destreza manual pura como en Educación Médica, sino traducir lo invisible, lo microscópico y lo formalmente abstracto en realidades

⁵ Activación Límbica implica el desarrollo de emociones que potencian o interfieren con el aprendizaje.

perceptibles. La combinación sensorial debe funcionar como un traductor de escalas.

Estas son las combinaciones sensoriales más potentes y críticas para las ciencias exactas:

El Binomio Visuo-Espacial y Háptico/Cinestésico para las Matemáticas y la Física

Las Matemáticas y la Física a menudo se enseñan de forma puramente simbólica fórmulas en una pizarra, saturando el bucle fonológico y la memoria de trabajo.

Combinación: El símbolo matemático/fórmula (Visual abstracto) + Manipulación física u ordenamiento espacial (Háptico y Cinestésico).

Mecanismo Neuroeducativo: El cerebro procesa los conceptos numéricos y de magnitud en el surco intraparietal, una zona que solapa la representación de los dedos (gnosia digital) y el espacio. Cuando un estudiante manipula objetos geométricos, dobla papel para entender fracciones (origami geométrico) o siente la resistencia de un resorte mientras calcula la Ley de Hooke, está construyendo un andamiaje somatosensorial para la abstracción.

El resultado: La fórmula ya no es un grupo de letras muertas; el cerebro asocia la variable (F o k) con una presión física real o un desplazamiento espacial observado.

Integración Dinámica Visuo-Acústica para la Física de Ondas y el Análisis Funcional

Fenómenos como las funciones trigonométricas, las ondas electromagnéticas o el análisis armónico son inherentemente dinámicos, pero se suelen enseñar con gráficos estáticos.

Combinación: Gráfico dinámico en tiempo real Visual + Variación de tono o frecuencia Acústico.

Mecanismo: El cerebro es un detector de patrones crossmodales excepcional. Si al enseñar el comportamiento de una onda sinusoidal modificando la amplitud o la frecuencia en un software, el estudiante escucha simultáneamente cómo el sonido se vuelve más agudo (frecuencia) o más fuerte (amplitud), las cortezas visual y auditiva primaria se sincronizan.

Crítica Pedagógica: Ver el gráfico de una onda da información matemática; escuchar el cambio físico exacto mientras se deforma la curva en la pantalla genera una traducción sensorial instantánea del concepto abstracto de frecuencia.

El Triángulo Visuo-Háptico-Espacial (Para la Química y la Biología Molecular)

El nanomundo de átomos, enlaces, proteínas, ADN, es inaccesible a nuestros sentidos. Estudiarlo en dos dimensiones en un libro de texto limita severamente la plasticidad cerebral.

Combinación: Estructuras moleculares en 3D (Visual espacial) + Ensamblaje

físico/retroalimentación de fuerza (Háptico).

Mecanismo: La química orgánica requiere comprender la estereoquímica (la orientación tridimensional de las moléculas). Combinar la visualización de un modelo molecular con la acción de armarlo físicamente (sentir los ángulos de enlace, la rigidez de un doble enlace frente a la rotación de un enlace simple) activa las áreas premotoras y parietales.

El resultado: El cerebro desarrolla una "intuición espacial" del microcosmos. Al resolver un problema en papel, el estudiante no memoriza la regla; evoca la restricción espacial que experimentó físicamente al interactuar con el modelo.

Percepción Multisensorial de Campo (Para las Ciencias Naturales y de la Tierra)

En la biología, la ecología o la geología, el laboratorio real es el entorno. El reduccionismo de estudiar un espécimen muerto o una roca aislada en un escritorio debilita el aprendizaje adaptativo.

Combinación: Observación óptica (Visual/Lupa) + Textura/Peso (Háptico) + Contexto térmico/olfativo ambiental.

Mecanismo: El cerebro procesa el aprendizaje de la naturaleza a través de sistemas filogenéticamente antiguos de categorización. Recopilar una muestra geológica en su entorno, percibir su peso específico en la mano, su porosidad al tacto y su reacción ante un reactivo químico activa una red masiva de memoria episódica. Las cortezas de asociación integran estas propiedades físicas facilitando la taxonomía y la comprensión de los procesos formativos de la Tierra.

Matriz de Integración Sensorial em Ciencias Exactas y Naturales

La regla de oro es la isomorfia: el estímulo sensorial debe reflejar fielmente la estructura matemática o física del concepto.

DISCIPLINA	SENTIDOS A COMBINAR	FENÓMENO NEUROBIOLÓGICO	EVITAR
Física / Mecánica	Visual Dinámico + Háptico ⁶ (Fuerza/Resistencia)	Conexión de variables matemáticas con receptores de presión y tensión muscular (propiocepción).	Resolver problemas de vectores únicamente con álgebra, sin experimentar la dirección de la

⁶ Háptica tecnología que simula el sentido del tacto mediante vibraciones, fuerzas o movimientos

DISCIPLINA	SENTIDOS A COMBINAR	FENÓMENO NEUROBIOLÓGICO	EVITAR
			fuerza.
Matemáticas / Cálculo	Visual Abstracto + Cinestésico / Espacial	Reclutamiento del surco intraparietal mediante el mapeo geométrico y el movimiento.	Tratar las funciones o ecuaciones como meras reglas nemotécnicas de manipulación de caracteres.
Química / Moléculas	Visual 3D + Manipulación Táctil Activa	Plasticidad crossmodal parietal para la rotación mental y la comprensión del impedimento estérico.	Limitar el estudio de las reacciones y estructuras a fórmulas moleculares planas en dos dimensiones.
Biología / Ecología	Observación Micro/Macrocópica + Contexto Ambiental	Activación de memoria episódica de alto orden e integración somatosensorial completa.	Estudiar los ciclos de la naturaleza o la botánica basándose exclusivamente en esquemas impresos.

La Crossmodalidad en Neuroeducación es un recurso didáctico fundamental, así como una necesidad biológica e interpretativa que transforma el aprendizaje pasivo en hermenéutica cerebral activa. El cerebro humano no fragmenta la realidad; está diseñado filogenéticamente para integrar estímulos simultáneos, construyendo significado a través de redes de asociación multisensorial que optimizan la carga cognitiva y aceleran la plasticidad sináptica.

Su importancia radica en su capacidad para actuar como un traductor universal adaptado a cada epistemología: en las ciencias médicas, unifica lo visual, háptico y acústico para consolidar la memoria procedimental y la precisión del diagnóstico clínico; en las ciencias sociales y humanísticas, corporaliza conceptos abstractos conectando el espacio, la narrativa y la inmersión acústica para despertar la empatía histórica y el juicio

crítico; y en las ciencias exactas y naturales, traduce lo invisible e infinitesimal a través de la manipulación cinestésica y la correspondencia visuoespacial.

En conclusión, diseñar entornos educativos que ignoren la crossmodalidad es forzar al cerebro a operar contra su propia naturaleza. La vanguardia pedagógica exige una estimulación multisensorial coordinada y semánticamente coherente, garantizando que el conocimiento no se memorice de forma efímera, sino que se incorpore, se interprete y se esculpa estructuralmente en la arquitectura neuronal del estudiante.

Consideraciones finales

El análisis desarrollado a lo largo de este trabajo permite sostener que la hermenéutica crossmodal constituye un marco teórico innovador para comprender los procesos de aprendizaje desde una perspectiva neuroeducativa. Más allá de concebir la interpretación como una actividad exclusivamente lingüística o textual, este enfoque reconoce que la construcción de significado emerge de la integración dinámica de múltiples modalidades sensoriales, cognitivas y emocionales, articuladas por la actividad del sistema nervioso central.

La evidencia revisada muestra que el cerebro no procesa la información de manera fragmentada, sino mediante redes distribuidas que integran simultáneamente estímulos visuales, auditivos, táctiles, espaciales, propioceptivos e incluso olfativos. En este contexto, la percepción crossmodal deja de ser un fenómeno exclusivamente neurobiológico para convertirse en un principio pedagógico capaz de orientar el diseño de experiencias de aprendizaje más coherentes con la arquitectura funcional del cerebro humano.

Desde esta perspectiva, la hermenéutica adquiere una dimensión neurocognitiva, ya que interpretar implica reorganizar continuamente la información recibida a la luz de los conocimientos previos, las experiencias acumuladas, los estados emocionales y los objetivos del aprendiz. En consecuencia, el aprendizaje no consiste en la simple recepción de contenidos, sino en un proceso activo de construcción de significado, favorecido por la plasticidad cerebral y por la interacción entre múltiples sistemas funcionales.

Asimismo, el estudio pone de manifiesto que la utilización intencional de estrategias multisensoriales debe responder a criterios de coherencia semántica y pertinencia pedagógica. La incorporación indiscriminada de estímulos no garantiza un aprendizaje más profundo; por el contrario, puede incrementar la carga cognitiva extrínseca y dificultar la consolidación de la información. Por ello, el diseño didáctico debe priorizar la integración significativa de los diferentes canales sensoriales, favoreciendo experiencias que estimulen la atención, la memoria, las funciones ejecutivas y el razonamiento sin provocar sobrecarga cognitiva.

Las aplicaciones discutidas para la educación médica evidencian que la combinación planificada de estímulos visuales, hápticos, auditivos, espaciales y emocionales puede fortalecer el desarrollo de competencias clínicas, habilidades procedimentales y procesos diagnósticos. De manera semejante, en las ciencias sociales

y humanísticas, la integración entre recursos visuales, narrativos, espaciales, corporales y sonoros favorece la comprensión de fenómenos complejos, el desarrollo del pensamiento crítico y la construcción de una mayor empatía histórica y social.

No obstante, es importante reconocer que el presente trabajo posee un carácter eminentemente teórico. Las relaciones propuestas entre hermenéutica, crossmodalidad y neuroeducación se fundamentan en la literatura científica disponible y en la articulación conceptual entre diferentes campos del conocimiento, sin pretender demostrar empíricamente la eficacia de modelos específicos de intervención educativa. En este sentido, las hipótesis planteadas deben ser sometidas a validación mediante investigaciones experimentales y estudios aplicados en distintos niveles educativos y contextos formativos.

Como proyección futura, resulta pertinente desarrollar investigaciones que evalúen el impacto de estrategias didácticas basadas en la integración crossmodal sobre variables como el aprendizaje significativo, la retención de conocimientos, la transferencia de competencias, la memoria de trabajo, las funciones ejecutivas y el rendimiento académico. Asimismo, sería relevante explorar las posibilidades que ofrecen las tecnologías inmersivas, la realidad virtual, la simulación clínica y la inteligencia artificial para potenciar experiencias educativas coherentes con los principios de la neuroeducación.

En síntesis, la hermenéutica crossmodal propone una nueva forma de comprender la enseñanza y el aprendizaje, integrando las aportaciones de la filosofía, la neurociencia cognitiva y la pedagogía. Su principal contribución consiste en reconocer que comprender no significa únicamente interpretar palabras, sino construir significado a partir de la interacción coordinada entre el cerebro, el cuerpo, los sentidos y el contexto. Desde esta perspectiva, la educación del siglo XXI encuentra un fundamento teórico sólido para avanzar hacia prácticas pedagógicas más integradoras, científicamente fundamentadas y centradas en el desarrollo integral del ser humano.

REFERÊNCIAS

CAPPE, C.; ROUILLER, E. M.; BARONE, P. Multisensory anatomical pathways. **Hearing Research**, v. 258, n. 1–2, p. 28–36, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.04.017>.

DAS, S.; KARMAKAR, S. Impact of neuroeducation on teaching learning process. In: **Cutting Edge Strategies and Applications of Neuropedagogy**. [S. l.: s. n.], 2026.

DI FILIPPO, M. et al. Short-term and long-term plasticity at corticostriatal synapses: implications for learning and memory. **Behavioural Brain Research**, v. 199, n. 1, p. 108–118, 2009. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bbr.2008.09.025>.

ESTMAN, L. S. Hermeneutic thematic analysis: anchoring thematic analysis in hermeneutic philosophy. **International Journal of Qualitative Methods**, v. 25, 2026. DOI: <https://doi.org/10.1177/16094069261436030>.

GEANELLOS, R. Exploring Ricoeur's hermeneutic theory of interpretation as a method of analysing research texts. **Nursing Inquiry**, v. 7, n. 2, p. 112–119, 2000. DOI: <https://doi.org/10.1046/j.1440-1800.2000.00062.x>.

GRANADO DE LA CRUZ, E. et al. Education, neuroscience, and technology: a review of applied models. **Information**, v. 16, n. 8, 2025. DOI: <https://doi.org/10.3390/info16080664>.

JAEGER, C. Basic anatomy: peripheral nervous system. In: **EEG Handbook**. Cham: Springer, 2026. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-032-20450-9_4.

PACÍFICO, M.; VERGUTZ, S. A. B.; MATTOS, J. C. S.; AGUERO, L. O. Neuroeducação: entre avanços e expectativas. In: PACÍFICO, M. (Org.). **Pesquisas em Educação: formação de professores, culturas e diversidade**. Campo Grande, MS: Secretaria de Estado de Educação de Mato Grosso do Sul – SED/MS, 2024. p. 105–122. ISBN 978-65-88366-44-8.

POSPELOV, D. Hermeneutics in expert systems. **Knowledge-Based Systems**, v. 3, n. 1, p. 25–27, 1990. DOI: [https://doi.org/10.1016/0950-7051\(90\)90036-H](https://doi.org/10.1016/0950-7051(90)90036-H).

PRADEEP, K. et al. Neuroeducation: understanding neural dynamics in learning and teaching. **Frontiers in Education**, v. 9, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1437418>.

SENKOWSKI, D. et al. Crossmodal binding through neural coherence: implications for multisensory processing. **Trends in Neurosciences**, v. 31, n. 8, p. 401–409, 2008. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tins.2008.05.002>.

ZUO, Y.; WANG, Z. Neural oscillations and multisensory processing. In: **Advances in Experimental Medicine and Biology**. Cham: Springer, v. 1437, 2024. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-99-7611-9_8.