

La neuroeducación y la sinestesia: implicaciones para el aprendizaje en el aula

Carmen Conesa Delgado ¹ 
Eva Ortiz Cermeño ¹ 

¹ Universidad de Murcia.
Murcia, España.
Campus Universitario de Espinardo,
Facultad de Educación. (Murcia).
30.100.
conesadelgadocarmen@gmail.com
evaortiz@um.es 

Recibido: 12/Noviembre/2024
Revisado: 20/Enero/2025
Aprobado: 25/Marzo/2025
Publicado: 28/Abril/2025



Resumen

Esta investigación analiza el impacto de la sinestesia en el aprendizaje, centrándose en su aplicación en el aula y en su influencia sobre la retención de información y la motivación del estudiantado. La sinestesia, entendida como la asociación de estímulos sensoriales, como colores y palabras, fortalece los procesos cognitivos y facilita la comprensión de conceptos abstractos. Su potencial en el ámbito educativo permite evaluar estrategias basadas en la sinestesia para la enseñanza de contenidos científicos, con énfasis en su aplicabilidad en distintos contextos escolares. Para ello, se emplea una metodología mixta con enfoque descriptivo, combinando análisis cuantitativos y cualitativos. La recopilación de datos se realiza mediante entrevistas grupales y evaluación del rendimiento académico con estudiantes en España, complementadas con una revisión bibliográfica en neuroeducación. Los resultados indican que los estímulos sinestésicos en el aula mejoran la retención de información, la atención sostenida y la motivación. No obstante, se identifican desafíos como la formación docente y la adaptación a la diversidad del alumnado.

Palabras clave: aprendizaje; enseñanza secundaria; estrategias educativas; neurociencia; sinestesia

The role of synesthesia in classroom learning: a neuroeducational perspective

Abstract

This study examines the impact of synesthesia on the learning process, focusing on its application in the classroom and its influence on information retention and student motivation. Synesthesia, understood as the association of sensory stimuli—such as colors and words—enhances cognitive processes and facilitates the comprehension of abstract concepts. Its potential in the educational field allows for the evaluation of synesthesia-based strategies for teaching scientific content, with an emphasis on their applicability in various school contexts. To achieve this, a mixed-methods approach with a descriptive focus was employed, combining quantitative and qualitative analyses. Data collection is carried out through group interviews and academic performance assessments with students in Spain, supplemented by a literature review on neuroeducation. The findings indicate that synesthetic stimuli in the classroom improve information retention, sustained attention, and motivation. However, challenges such as teacher training and adaptation to student diversity are identified.

Keywords: learning; secondary education; educational strategies; neuroscience; synesthesia

A neuroeducação e a sinestesia: implicações para a aprendizagem em sala de aula

Resumo

Esta pesquisa analisa o impacto da sinestesia na aprendizagem, com foco em sua aplicação em sala de aula e em sua influência na retenção de informações e na motivação dos estudantes. A sinestesia, compreendida como a associação entre estímulos sensoriais, como cores e palavras, fortalece os processos cognitivos e facilita a compreensão de conceitos abstratos. Seu potencial no contexto educacional permite a avaliação de estratégias baseadas na sinestesia para o ensino de conteúdos científicos, com ênfase em sua aplicabilidade em diferentes realidades escolares. Para isso, utiliza-se uma metodologia mista, com abordagem descritiva, que combina análises quantitativas e qualitativas. A coleta de dados é realizada por meio de entrevistas em grupo e da avaliação do desempenho acadêmico de estudantes na Espanha, complementadas por uma revisão bibliográfica sobre neuroeducação. Os resultados indicam que os estímulos sinestésicos em sala de aula contribuem para a melhora da retenção de informações, da atenção sustentada e da motivação. No entanto, também foram identificados desafios, como a formação docente e a necessidade de adaptação às diversidades do alunado.

Palavras-chave: aprendizagem; ensino médio; estratégias educacionais; neurociência; sinestesia

Introducción

En la actualidad, la educación enfrenta el desafío de atender no solo el desarrollo académico del alumnado, sino también su bienestar emocional y cognitivo. Investigaciones en neurociencia educativa han demostrado que comprender los mecanismos cerebrales que regulan el aprendizaje y las emociones permite diseñar estrategias pedagógicas más efectivas (Blakemore, 2012). En este sentido, los avances en neurociencia han resaltado la importancia de factores como la atención, la memoria, la regulación emocional y la motivación en el rendimiento académico. Sin embargo, a pesar de estos hallazgos, muchos sistemas educativos aún no integran de manera explícita estos conocimientos en el currículo, lo que limita el potencial de una enseñanza basada en la evidencia neurocientífica.

Para abordar esta necesidad, la Ley Orgánica 3/2020, que modifica la Ley Orgánica 2/2006 de Educación (LOMLOE) de España, incorpora en el currículo de Educación Secundaria un enfoque basado en la neurociencia con el objetivo de mejorar la comprensión de los procesos de aprendizaje y emocionales en el alumnado. En los principios pedagógicos de la Educación Secundaria Obligatoria (ESO), la LOMLOE establece que la educación emocional debe trabajarse de manera transversal en todas las materias, promoviendo así un desarrollo integral del estudiante en los ámbitos académico y personal (LOMLOE, 2020).

En este marco, la asignatura de Biología y Geología juega un papel clave al introducir conceptos fundamentales de neurociencia aplicada a la educación. En particular, el currículo de esta materia abarca el estudio del sistema nervioso, destacando las áreas cerebrales relacionadas con el aprendizaje, la memoria y las emociones. Asimismo, se analizan las interacciones entre la actividad cerebral y los procesos cognitivos, abordando el impacto de factores neurobiológicos, como los neurotransmisores y la plasticidad neuronal, en el rendimiento académico.

El impacto de la neurociencia en la educación se refleja en la comprensión de cómo la organización y el funcionamiento del cerebro influyen en habilidades cognitivas clave como la memoria, la atención, la velocidad de procesamiento y el razonamiento lógico. En este sentido, neurotransmisores como la dopamina, la serotonina y la noradrenalina desempeñan un papel fundamental en la regulación del estado de ánimo, la motivación y la concentración. Su desbalance puede afectar negativamente el aprendizaje, al igual que otros factores como el estrés crónico, la ansiedad y la falta de sueño, que deterioran la memoria y otras funciones cognitivas (Blakemore, 2012).

Además, durante la adolescencia, las etapas críticas del desarrollo neurológico influyen en la adquisición de habilidades cognitivas y la formación de hábitos de aprendizaje efectivos, lo que refuerza la necesidad de integrar conocimientos neurocientíficos en la educación secundaria.

Esta investigación tiene como objetivo analizar el impacto de la integración de la neurociencia en la enseñanza de Biología y Geología en la ESO, evaluando cómo la incorporación de estrategias basadas en el conocimiento del funcionamiento cerebral puede mejorar el aprendizaje, la motivación y el bienestar emocional del alumnado. Para ello, se examinarán las conexiones entre los contenidos curriculares de la asignatura y los avances en neurociencia, identificando buenas prácticas pedagógicas y los principales desafíos en su

implementación.

En definitiva, la LOMLOE (2020) y el Real Decreto 243/2022, que regula las enseñanzas mínimas en el Bachillerato, refuerzan la necesidad de promover competencias personales, sociales y emocionales basadas en la neurociencia. Se espera que, al finalizar la ESO, el alumnado haya desarrollado habilidades de regulación emocional, resiliencia, autoeficacia y motivación sostenida hacia el aprendizaje. La integración de estos conocimientos en el currículo contribuye a una educación más inclusiva y holística, proporcionando herramientas esenciales para el desarrollo integral del alumnado y garantizando una formación adaptada a los desafíos del siglo XXI.

Marco teórico o referentes conceptuales

Evolución de la neuroeducación: de la teoría a la evidencia científica

La neuroeducación, disciplina que integra conocimientos de neurociencia, psicología y educación, ha adquirido una creciente relevancia en la mejora de las prácticas pedagógicas, al proporcionar una comprensión más profunda sobre cómo el cerebro procesa la información durante el aprendizaje. Su desarrollo ha permitido fundamentar la enseñanza en hallazgos científicos, optimizando los métodos educativos y favoreciendo estrategias basadas en la evidencia.

Entre los años 2000 y 2010, la neuroeducación emergió como un campo formal de estudio, impulsado por investigaciones pioneras que exploraron la aplicación de los descubrimientos neurocientíficos en entornos educativos. Durante esta etapa inicial, los estudios se centraron en establecer vínculos entre el conocimiento del cerebro y las prácticas pedagógicas, sentando así las bases para una educación más fundamentada en la ciencia. A partir de 2010 y hasta 2020, se produjo un notable incremento en investigaciones interdisciplinarias que resaltaron la importancia de comprender el desarrollo cerebral en la infancia y la adolescencia. Estas investigaciones evidenciaron que las experiencias educativas influyen directamente en la neuroplasticidad, es decir, en la capacidad del cerebro para reorganizarse estructural y funcionalmente en respuesta a estímulos ambientales y aprendizajes, consolidando así la relación entre neurociencia y educación.

Aplicaciones actuales de la neuroeducación en la práctica pedagógica

Desde 2020 hasta la actualidad, la investigación en neuroeducación ha evolucionado hacia la aplicación práctica de los avances en neurociencia, con un énfasis particular en la personalización del aprendizaje y la inclusión educativa (Ainscow, 2021; De Bie et al., 2021). En este contexto, la neuroeducación ha permitido transformar el conocimiento teórico en estrategias pedagógicas concretas, diseñadas para mejorar tanto el rendimiento académico como el bienestar emocional del alumnado.

Uno de los principales logros en este ámbito ha sido la incorporación de estrategias basadas en la neurociencia en la formación docente, permitiendo al profesorado desarrollar

metodologías alineadas con los procesos cognitivos del cerebro. Además, se ha demostrado que estas prácticas pedagógicas pueden fomentar la motivación, mejorar la memoria de trabajo y fortalecer la capacidad de atención del alumnado. Para ello, el desarrollo de entornos de aprendizaje enriquecidos, el uso de enfoques multisensoriales y la promoción del aprendizaje basado en la emoción se han convertido en herramientas clave para una enseñanza más efectiva y equitativa.

La neurociencia no solo busca desentrañar los misterios del cerebro humano, sino también aplicar este conocimiento para el beneficio social, mejorando la calidad de vida a través de entornos de aprendizaje optimizados (Acuña, 2018). En este marco, la neurodidáctica, como subdisciplina de la neuroeducación, se centra en la aplicación de estrategias pedagógicas basadas en el conocimiento del cerebro, con el objetivo de desarrollar técnicas que optimicen el aprendizaje. Este enfoque surge como respuesta a la necesidad de traducir los hallazgos neurocientíficos en prácticas educativas concretas.

Entre las metodologías destacadas en este ámbito se incluyen el aprendizaje activo, la incorporación de tecnologías educativas y la creación de entornos que estimulen la neuroplasticidad. Este concepto describe la capacidad del sistema nervioso para reorganizarse y formar nuevas conexiones neuronales en respuesta a la estimulación sensorial, la adquisición de nueva información y el desarrollo cognitivo, incluso ante lesiones cerebrales (Garcés-Vieira & Suárez-Escudero, 2014; Jolles & Jolles, 2021). Estos principios demuestran que el aprendizaje puede ocurrir a cualquier edad y que las experiencias educativas tienen un impacto duradero en la estructura y función cerebral (De Bie et al., 2021).

En este sentido, la educación basada en evidencia se ha consolidado como una metodología que emplea datos empíricos y hallazgos científicos para validar la efectividad de las intervenciones educativas. Esta aproximación promueve la implementación de prácticas pedagógicas fundamentadas en investigaciones rigurosas, mejorando su eficacia y confiabilidad (Ainscow, 2021). Paralelamente, el aprendizaje personalizado ha adquirido un papel relevante dentro de la neuroeducación, ya que busca adaptar los procesos educativos a las características individuales de cada estudiante, considerando sus diferencias neurocognitivas y aprovechando tecnologías avanzadas para una enseñanza más precisa y efectiva (Jolles & Jolles, 2021).

Por otro lado, el principio de inclusión educativa se basa en la integración de todo el alumnado en entornos escolares comunes, independientemente de sus capacidades y necesidades específicas. Para ello, se utilizan conocimientos sobre el desarrollo neurocognitivo con el fin de diseñar estrategias inclusivas que beneficien equitativamente a todos los estudiantes, promoviendo un aprendizaje accesible y adaptado a la diversidad (Ainscow, 2021; De Bie et al., 2021). Un ejemplo de esta integración es la teoría del desarrollo dinámico del cerebro y la mente, propuesta por Fischer (2008, cit. en Battro, 2010), la cual destaca la importancia de comprender el desarrollo cognitivo y emocional del alumnado. En esta línea, la neurociencia afectiva, representada por investigaciones como las de Immordino-Yang (2008), ha evidenciado cómo las emociones influyen en la atención, la memoria y la toma de decisiones, enfatizando la necesidad de generar un entorno emocionalmente positivo para favorecer el aprendizaje.

El impacto de las emociones en la educación se complementa con los descubrimientos sobre la neurobiología del aprendizaje. Neurotransmisores como la dopamina y la acetilcolina desempeñan un papel esencial en la motivación y la curiosidad, facilitando la adquisición y retención del conocimiento (Instituto Nacional del Cáncer, 2024; Sabater, 2022). Asimismo, factores como el ejercicio físico, el descanso adecuado y la aplicación de estrategias de aprendizaje multisensorial favorecen la capacidad del cerebro para procesar información de manera efectiva (Acuña, 2023). En este contexto, fomentar entornos que potencien estos elementos resulta crucial para mejorar el rendimiento académico.

La adolescencia, etapa caracterizada por importantes cambios cerebrales, es fundamental para el desarrollo de habilidades metacognitivas y de autorregulación que promuevan la autonomía en el aprendizaje (Sousa, 2022). Durante este periodo, la corteza prefrontal, encargada de funciones ejecutivas como la toma de decisiones, la planificación y la regulación emocional, sigue en desarrollo, lo que resalta la necesidad de crear entornos educativos que reduzcan el impacto negativo del estrés crónico. La exposición constante a niveles elevados de estrés puede afectar estas habilidades, comprometiendo la capacidad del alumnado para regular sus emociones y consolidar aprendizajes de manera efectiva (Acuña, 2018).

Papel del cerebro en el proceso educativo

El cerebro es el órgano central responsable del aprendizaje y el desarrollo cognitivo humano. En el ámbito educativo, su función es fundamental para el procesamiento, almacenamiento y recuperación de información, facilitando la adquisición de conocimientos. A través de diferentes modalidades sensoriales (visual, auditiva, táctil, entre otras), el cerebro recibe estímulos que son transmitidos a la corteza cerebral, donde se integran e interpretan para generar conocimiento significativo. Cada área cortical especializada desempeña un papel clave en este proceso: la corteza visual analiza la información visual, la corteza auditiva procesa estímulos sonoros y la corteza somatosensorial interpreta la información táctil y posicional.

La memoria es un componente esencial del aprendizaje, ya que permite almacenar y recuperar información de manera eficiente. Existen distintos sistemas de memoria que cumplen funciones específicas: la memoria a corto plazo (MCP) retiene temporalmente los datos necesarios para tareas inmediatas, mientras que la memoria a largo plazo (MLP) consolida y almacena información por periodos prolongados, lo que resulta clave en la asimilación del conocimiento. En este proceso, el hipocampo juega un papel crucial en la formación de nuevos recuerdos y en la organización del conocimiento adquirido.

Además, el aprendizaje eficaz depende de las funciones ejecutivas, controladas principalmente por los lóbulos frontales, las cuales incluyen la planificación, la toma de decisiones, el control de impulsos, la atención sostenida y la capacidad de adaptación a nuevas situaciones.

Paralelamente, el sistema límbico, que comprende estructuras como la amígdala y el hipotálamo, influye en la regulación emocional y la motivación, aspectos esenciales en el proceso de aprendizaje. La amígdala participa en la formación y almacenamiento de recuerdos emocionales, mientras que el hipotálamo regula respuestas emocionales y motivacionales, incidiendo directamente en la predisposición del individuo para aprender. En términos

educativos, las emociones desempeñan un papel determinante en la atención y la memoria, ya que las emociones positivas favorecen el aprendizaje, mientras que las negativas pueden interferir en él.

En este sentido, la motivación y la empatía, mediadas por las neuronas espejo, son factores clave en el aprendizaje social e interactivo (Cortés, 2023). Estas neuronas facilitan la imitación de conductas y la transmisión emocional, promoviendo la empatía y la conexión social. Por ejemplo, el entusiasmo y la actitud positiva de un educador pueden influir en el compromiso y la motivación del estudiante mediante la activación de estas neuronas (Acuña, 2018).

Dado el impacto del cerebro en los procesos educativos, resulta fundamental integrar el conocimiento sobre su funcionamiento en los programas de formación docente, permitiendo así el desarrollo de estrategias pedagógicas más eficaces e individualizadas. Asimismo, factores como el estrés, la calidad del sueño y la plasticidad cerebral afectan significativamente el aprendizaje, lo que subraya la necesidad de abordar estos elementos en el diseño de prácticas educativas (Rodríguez-Villegas, 2022; Guimet, 2022).

En este contexto, estrategias como el aprendizaje multisensorial, el enfoque activo y experiencial, y el desarrollo de habilidades ejecutivas se han convertido en herramientas clave para maximizar el potencial de aprendizaje del alumnado (Sousa, 2022).

Relación entre la neurociencia, la sinestesia y las emociones para fomentar el aprendizaje

La sinestesia es un fenómeno neurológico en el que la estimulación de un sentido genera una respuesta automática en otro, evidenciando la interconexión entre distintas áreas sensoriales del cerebro. Aunque no todas las personas la experimentan, investigaciones recientes han demostrado su potencial para mejorar el aprendizaje mediante la integración multisensorial (Simner et al., 2024). Estudios previos han señalado que la sinestesia puede enriquecer la experiencia educativa, favoreciendo la retención de información y estimulando la creatividad (Cytowic et al., 2023). En particular, la asociación de colores, sonidos y otros estímulos sensoriales con conceptos abstractos —como números, letras o procesos biológicos— ha mostrado beneficios en la memoria y el análisis crítico del alumnado, especialmente en contextos de educación inclusiva (Gaeta et al., 2023).

El aprendizaje no es solo un proceso cognitivo, sino también emocional y social (Devia-Cárdenas, 2018). En este sentido, la estimulación multisensorial, combinada con herramientas innovadoras como la realidad virtual y los modelos interactivos, puede convertir el aula en un entorno dinámico y enriquecedor. Este enfoque permite a los estudiantes no solo procesar información de manera racional, sino también establecer conexiones emocionales y sensoriales con los contenidos, facilitando una comprensión más profunda y significativa (Nicolson et al., 2023). Además, las estrategias basadas en la sinestesia han demostrado ser particularmente eficaces para estudiantes con dificultades cognitivas, promoviendo un aprendizaje más accesible y efectivo (Tokuhami-Espinosa, 2021).

El diseño de estrategias pedagógicas que incorporen colores, sonidos y otros estímulos sensoriales puede potenciar la enseñanza de conceptos abstractos, facilitando su comprensión y memorización. En Biología, por ejemplo, los diferentes sistemas corporales pueden representarse mediante códigos de color para mejorar su identificación. Así, el sistema endocrino puede asociarse a tonos cálidos como rojo, naranja y amarillo para simbolizar la transmisión de señales químicas a través de hormonas. De manera similar, en Química, los elementos de la tabla periódica pueden vincularse a colores específicos que refuercen su clasificación en metales, no metales y gases nobles.

Además, la integración de sonidos en el aprendizaje permite reforzar conceptos clave: asignar melodías o ritmos a procesos biológicos complejos, como la homeostasis o el ciclo celular, facilita su retención. El uso de mapas conceptuales con códigos de color y texturas diferenciadas, junto con descripciones auditivas, también contribuye a consolidar la información. Asimismo, las simulaciones inmersivas posibilitan que los estudiantes “visualicen” y “escuchen” cómo actúan las hormonas en el cuerpo humano, mejorando la comprensión de los procesos fisiológicos. Por otro lado, las actividades lúdicas en las que los estudiantes asocian colores y sonidos con términos científicos favorecen la retención de información y hacen que el aprendizaje sea más dinámico y estimulante.

Estas estrategias pueden adaptarse a las necesidades de un alumnado diverso, proporcionando herramientas inclusivas que respondan a distintos estilos de aprendizaje. En el caso de estudiantes con dislexia o dificultades en la memoria de trabajo, la combinación de estímulos visuales y auditivos facilita el acceso a la información y refuerza la comprensión. Para quienes presentan discapacidad visual o auditiva, se pueden emplear sonidos específicos o materiales en relieve que permitan representar los conceptos de manera alternativa.

También, la sinestesia ofrece un enfoque enriquecedor para estudiantes con altas capacidades, ya que fomenta asociaciones creativas y desarrolla el pensamiento crítico. En entornos bilingües, la relación entre palabras en distintos idiomas con colores y sonidos facilita la adquisición y memorización del vocabulario, optimizando el aprendizaje.

En definitiva, la implementación de estrategias sinestésicas en el aula no solo mejora la retención de conocimientos, sino que también promueve una enseñanza más inclusiva, adaptada a las características y necesidades de cada estudiante.

En la neuroeducación hay que abordar dos conceptos clave en los procesos de aprendizaje: La neuroplasticidad, entendida como la capacidad del cerebro para reorganizarse y formar nuevas conexiones neuronales en respuesta a la experiencia, se ve directamente influenciada por la sinestesia. Al asociar estímulos sensoriales múltiples, la sinestesia fortalece las redes neuronales al activar simultáneamente diversas áreas cerebrales, lo que potencia la codificación y recuperación de la información.

Investigaciones han demostrado que las experiencias de aprendizaje multisensorial no solo favorecen la memoria a largo plazo, sino que también estimulan la flexibilidad cognitiva, permitiendo a los estudiantes establecer asociaciones más profundas entre los conceptos (Simner et al., 2024). En este sentido, diseñar estrategias pedagógicas basadas en la sinestesia

puede ser una vía efectiva para aprovechar la capacidad plástica del cerebro y optimizar el aprendizaje.

Por otro lado, el papel de las emociones en el aprendizaje es crucial, y la sinestesia puede contribuir a crear un ambiente emocionalmente positivo que favorezca la retención de la información. La activación simultánea de múltiples sentidos puede generar experiencias más atractivas y motivadoras, reduciendo la ansiedad y aumentando el interés del alumnado. Estrategias como la asociación de colores y sonidos con contenidos académicos no solo facilitan la memorización, sino que también generan una experiencia de aprendizaje más significativa y placentera. Además, un entorno emocionalmente positivo estimula la producción de neurotransmisores como la dopamina y la serotonina, refuerzan la consolidación de la memoria y el bienestar emocional en el aula.

De esta manera, la integración de la sinestesia en la enseñanza no solo favorece el desarrollo cognitivo a través de la neuroplasticidad, sino que también impulsa una experiencia educativa más enriquecedora, inclusiva y motivadora.

La siguiente investigación analiza la relación entre la sinestesia y el aprendizaje, centrándose en cómo la asociación de colores y palabras influye en la adquisición del conocimiento. Se trata de examinar los mecanismos cerebrales involucrados en la sinestesia y sus implicaciones en la educación, con el fin de comprender su impacto en los procesos de enseñanza y aprendizaje. A partir de este análisis, se pretende diseñar e implementar estrategias pedagógicas basadas en sinestesia, evaluando su efectividad en la enseñanza del sistema endocrino.

Metodología empleada

Se emplea un enfoque metodológico mixto, combinando técnicas cualitativas y cuantitativas para analizar la percepción y el rendimiento académico del alumnado. A continuación, se describe detalladamente la metodología utilizada, los procedimientos de recogida de datos y los análisis realizados.

El método cualitativo se fundamenta en el análisis de la información proporcionada por los participantes a través de entrevistas grupales. Según Ortiz-Cermeño (2020), este enfoque permite obtener una comprensión profunda de los procesos cognitivos y perceptivos del alumnado. En este contexto, las entrevistas grupales tienen como objetivo identificar tendencias sinestésicas en el alumnado, como la asociación de colores con números o letras.

Por otro lado, el método cuantitativo se centra en la recopilación y análisis de datos numéricos, lo que facilita identificar patrones y establecer relaciones estadísticas entre variables. Siguiendo el enfoque de Creswell (2021), los datos cuantitativos se obtienen mediante la evaluación de respuestas correctas en tablas estructuradas, lo que posibilita una medición precisa y objetiva del rendimiento académico. Este enfoque se complementa con herramientas estadísticas para evaluar la mejora en el rendimiento de los estudiantes tras la intervención pedagógica basada en la sinestesia.

La investigación se lleva a cabo con una muestra de 40 estudiantes de Educación Secundaria Obligatoria (ESO) en la Región de Murcia (España). Los estudiantes se agrupan

en tres categorías: (1) aquellos que participan en un Programa de Diversificación Curricular, (2) los que están en un Programa Bilingüe sin formación musical, y (3) aquellos que, además de estar en un Programa Bilingüe, poseen formación musical y tocan un instrumento. Esta segmentación permite comparar el impacto de la estrategia pedagógica en diferentes perfiles de aprendizaje.

El contenido seleccionado para el estudio corresponde a las glándulas y hormonas del sistema endocrino, enmarcado en la Unidad Didáctica sobre el Sistema Nervioso y el Sistema Endocrino, dentro del currículo de Biología y Geología de 3º de ESO para el año académico 2023/2024 en la Región de Murcia. El proceso de recogida de datos se organiza en tres fases:

- **Fase 1: Evaluación inicial:** Se realiza una entrevista grupal para identificar características sinestésicas en los estudiantes. El objetivo principal de esta fase es detectar posibles asociaciones sensoriales que puedan influir en el aprendizaje.
- **Fase 2: Actividad sin colores:** Los estudiantes completan una tabla en la que deben identificar las glándulas y hormonas del sistema endocrino sin el apoyo de ayudas visuales (colores). Esta fase establece una línea base para evaluar el rendimiento inicial del alumnado y sirve como punto de comparación para la intervención posterior.
- **Fase 3: Intervención con colores:** En esta fase, los estudiantes completan una tabla similar a la de la fase anterior, pero esta vez utilizando códigos de colores asociados a cada glándula y hormona del sistema endocrino. La introducción de colores sigue la hipótesis de que las asociaciones visuales pueden facilitar la comprensión y retención de información compleja (Sousa, 2022). Además, se busca explorar si los estudiantes con características sinestésicas se benefician en mayor medida de esta intervención.

Para evaluar el impacto de la intervención, se comparan las respuestas correctas obtenidas por los estudiantes en las fases sin colores y con colores. La puntuación de cada estudiante se cuantifica mediante una regla de tres, calculando el porcentaje de mejora entre ambas fases. Este análisis permite determinar si la estrategia de asociación de colores favorece el aprendizaje del alumnado.

Aquellos estudiantes que experimentan una mejora significativa tras la intervención con colores son identificados como posibles casos de sinestesia. Este enfoque facilita la exploración de la relación entre las características perceptivas del alumnado y su rendimiento académico.

Esta investigación busca proporcionar evidencia sobre la efectividad de las estrategias pedagógicas basadas en la sinestesia en el contexto educativo, particularmente en la enseñanza de contenidos científicos complejos. Se espera que el uso de colores como herramienta de apoyo visual mejore la comprensión y la retención de información en estudiantes con distintos perfiles de aprendizaje.

Asimismo, los resultados permitirán identificar cómo las características sinestésicas pueden influir en el rendimiento académico, abriendo nuevas posibilidades para la personalización del aprendizaje en función de las características cognitivas del alumnado.

Resultados

La mayoría del alumnado del grupo de Diversificación mostró una mejora significativa en sus calificaciones en las tablas, con algunos estudiantes alcanzando incrementos de hasta un 60% (ver tabla 1).

Tabla 1. *Notas y porcentaje de mejora del Grupo Diversificación*

	<i>Antes de asociar colores</i>	<i>Después de aso- ciar colores</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Porcentaje de mejora</i>
Alumno 1	3	5	2	20 %
Alumno 2	7	10	3	30 %
Alumno 3	4	10	6	60 %
Alumno 4	3	4	1	10 %
Alumno 1	4	10	6	60 %
Alumno 2	4	10	6	60 %
Alumno 3	5	10	5	50 %
Alumno 4	5	10	5	50 %
Alumno 5	1	6	5	50 %
Alumno 6	5	10	5	50 %
Alumno 7	3	9	6	60 %

Fuente: Elaboración propia

En el grupo Bilingüe No Musical, algunas puntuaciones se mantuvieron sin cambios, mientras que otros estudiantes lograron mejoras significativas, con incrementos de hasta un 50%.

Tabla 2. *Notas y porcentaje de mejora del Grupo Bilingüe no musical*

	<i>Antes de asociar colores</i>	<i>Después de aso- ciar colores</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Porcentaje de mejora</i>
Alumno 1	8	10	2	20 %
Alumno 2	7	10	3	30%
Alumno 3	6	7	1	10%
Alumno 4	6	9	3	30 %
Alumno 5	6	8	2	20 %
Alumno 6	7	9	2	20%
Alumno 7	6	9	3	30 %
Alumno 8	5	10	5	50 %
Alumno 9	7	10	3	30 %
Alumno 10	6	6	0	0 %
Alumno 11	6	6	0	0 %

Alumno 12	6	7	1	10 %
Alumno 13	7	10	3	30 %
Alumno 1	7	10	3	30 %
Alumno 2	6	8	2	20 %
Alumno 3	7	9	2	20 %
Alumno 4	8	8	0	0 %
Alumno 5	9	9	0	0 %
Alumno 6	6	6	0	0 %
Alumno 7	8	10	2	20%

Fuente: Elaboración propia

En el Grupo Bilingüe Musical, dos estudiantes lograron un aumento significativo del 60%, mientras que el resto mostró una mejora inferior al 10% o no experimentó ningún cambio.

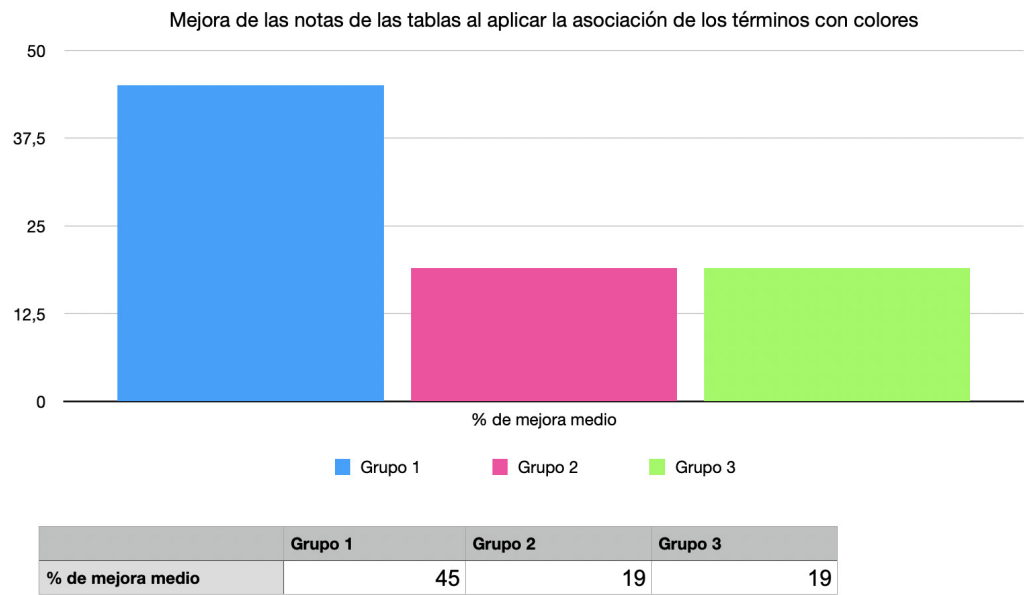
Tabla 3. *Notas y porcentaje de mejora del Grupo 3 (Bilingüe musical)*

	<i>Antes de asociar colores</i>	<i>Después de aso- ciar colores</i>	<i>Diferencia</i>	<i>Porcentaje de mejora</i>
Alumno 1	5	6	1	10 %
Alumno 2	6	7	1	10 %
Alumno 3	7	7	0	0 %
Alumno 4	0	6	6	60 %
Alumno 5	6	7	1	10 %
Alumno 1	6	7	1	10 %
Alumno 2	4	10	6	60 %
Alumno 3	7	7	0	0 %
Alumno 4	8	9	1	10 %

Fuente: Elaboración propia

A continuación, en la Figura 1, se presentan los gráficos que muestran los porcentajes medios de mejora en las calificaciones de cada grupo tras la aplicación de la asociación entre términos y colores. Estos cálculos indican que, tras la implementación de esta técnica, los resultados mejoraron en un promedio del 28%.

Figura 1. Porcentajes de mejora medios de las notas de las tablas al aplicar la asociación de los términos con colores de los grupos 1, 2 y 3



Fuente: Elaboración propia

Igualmente, se llevó a cabo una entrevista grupal con el objetivo de identificar a estudiantes con rasgos sinestésicos. En el Grupo Bilingüe Musical, se identificó a una alumna con sinestesia tras el visionado de varios vídeos sobre el tema. Durante la entrevista, el alumnado expresó que la aplicación de la sinestesia hace que el aprendizaje sea más agradable y accesible, lo que sugiere que estas asociaciones visuales no solo favorecen la memoria, sino que también incrementan la motivación y el interés.

El uso de materiales de aprendizaje que incorporan colores y estimulan múltiples sentidos se presenta como una estrategia pedagógica prometedora para mejorar la retención de información en contextos educativos. En particular, la aplicación de la sinestesia en la enseñanza de contenidos científicos ha mostrado efectos positivos en el rendimiento del alumnado, especialmente en los estudiantes del Programa de Diversificación Curricular (PDC). Este grupo experimentó una mejora significativa en sus calificaciones, al comparar su desempeño antes y después de la introducción de asociaciones de colores con términos clave en las tablas relacionadas con el sistema endocrino.

Esta mejora fue más pronunciada que en los otros dos grupos: el Programa Bilingüe sin formación musical y el Programa Bilingüe Musical, cuyos resultados no reflejaron un incremento tan significativo. La diferencia observada en los resultados entre los grupos sugiere que el uso de técnicas pedagógicas multisensoriales puede tener un impacto especialmente positivo en los estudiantes que enfrentan mayores dificultades de aprendizaje.

Conclusiones

Los resultados de esta investigación confirman que la sinestesia, al asociar estímulos visuales con conceptos abstractos, puede ser una herramienta efectiva para mejorar el aprendizaje y la retención de información en el alumnado. Su implementación en el aula ha demostrado ser especialmente beneficiosa para estudiantes con Necesidades Educativas Especiales (NEE), facilitando su acceso al conocimiento y reduciendo barreras cognitivas.

En primer lugar, el uso de códigos de colores ha mostrado un impacto positivo en el rendimiento académico de los estudiantes del Programa de Diversificación Curricular (PDC), lo que evidencia que estas estrategias pueden fortalecer la comprensión y memorización de contenidos.

También, la percepción del alumnado indica que esta metodología no solo mejora el aprendizaje, sino que también incrementa la motivación y el interés por las actividades académicas, creando un entorno más dinámico y accesible.

Por último, la implementación de enfoques pedagógicos basados en la sinestesia puede contribuir a un aprendizaje más inclusivo y equitativo, proporcionando a los estudiantes herramientas adaptadas a sus necesidades para optimizar su desarrollo académico.

En este sentido, la integración de estrategias visuales en la enseñanza representa una oportunidad para personalizar el aprendizaje y mejorar los resultados educativos, especialmente en aquellos estudiantes que requieren apoyo adicional.

Declaraciones finales

Contribución de las autoras. Eva Ortiz Cermeño: conceptualización, dirección del proyecto, supervisión, administración del proyecto, análisis formal, investigación, validación, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición, recursos, curaduría de datos, metodología, visualización. Además, es la autora responsable de la correspondencia de este trabajo. Carmen Conesa: investigación, análisis formal, recursos, redacción – borrador original, redacción – revisión y edición, curaduría de datos, visualización, participación en la metodología.

Conflictos de interés. Las autoras declaran que no existen conflictos de interés.

Implicaciones éticas. Este estudio ha seguido los principios éticos de investigación, garantizando el respeto por la integridad académica y el tratamiento adecuado de las fuentes. No se han realizado experimentos con seres humanos ni con animales, y no se han manejado datos sensibles que requieran aprobación de un comité de ética.

Acceso abierto. Se autoriza a que esté en abierto.

Uso de Inteligencia Artificial. Las autoras declaran que no se hizo uso de inteligencia artificial para ninguno de los procesos de investigación, ni redacción del artículo.

Referencias

- Acuña, M. (2018, enero 12). *Neurociencia en la Educación: conociendo nuestro cerebro para mejorar el aprendizaje*. EVirtualplus <https://www.evirtualplus.com/neurociencia-en-la-educacion/>
- Acuña, M. (2023, junio 30). *Insignias y recompensas: motivando el aprendizaje*. EVirtualplus. https://www.evirtualplus.com/insignias-recompensas-motivando-aprender/#Las_insignias_o_Badges
- Ainscow, M. (2021). Promoting Equity in Education through System Change: Lessons from the United Kingdom. In C. McLaughlin & A. Ruby (Eds.), *Implementing Educational Reform: Cases and Challenges* (pp. 17–40). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108864800.003>
- Battro, A. M., Fischer, K. W., & Léna, P. (2010). *The Educated Brain: Essays in Neuroeducation*. Cambridge: Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/cbo9780511489907>
- Blakemore, S. (2012). Development of the social brain in adolescence. *Journal Of The Royal Society Of Medicine*, 105(3), 111-116. <https://doi.org/10.1258/jrsm.2011.110221>
- Cortés, D. (2023, mayo 10). ¿Qué son las neuronas espejo? | 2024. Maestrías y MBA. <https://www.cesuma.mx/blog/que-son-las-neuronas-espejo-y-por-que-las-necesitamos-los-humanos.html#:~:text=Las%20neuronas%20espejo%20son%20un%20grupo%20de%20c%C3%A9lulas%20nerviosas%20o,persona%20hubiera%20realizado%20la%20actividad>
- Creswell, J. W. (2021). *A Concise Introduction to Mixed Methods Research*. SAGE Publications, Incorporated. <http://doc1.lbfl.li/acc/flmf044361.pdf>
- Cytowic, R. E., & Eagleman, D.M. (2023). *Wednesday Is Indigo Blue: Discovering the Brain of Synesthesia* (Updated ed.). MIT Press, 47(02), 47-1138. <https://doi.org/10.5860/choice.47-1138>
- De Bie, A., Marquis, E., Cook-Sather, A., & Luqueño, L. P. (2021). *Promoting Equity and Justice Through Pedagogical Partnership*. (1st ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003446521>
- Devia-Cárdenas, J. A. (2018). La biopedagogía: una mirada reflexiva en los procesos de aprendizaje. *Praxis & Saber*, 9(21), 179-196. <https://doi.org/10.19053/22160159.v9.n21.2018.7862>
- Fischer, K. R., & Immordino-Yang, M. H. (2008). *The Jossey-Bass reader on the brain and learning*. (Primera edición). John Wiley & Sons, Inc.
- Gaeta, M. L., Rodríguez, M. D. S., González, L. G., Malpica, O. M., & Camacho, K. G. (2023). Emociones, afrontamiento y autorregulación del aprendizaje en universitarios: influencia de características sociodemográficas durante la pandemia por COVID-19. *Psicumex*, 13, 1-32. <https://doi.org/10.36793/psicumex.v13i1.492>
- Garcés-Vieira, M. V., y Suárez-Escudero, J. C. (2014, junio). *Neuroplasticidad: aspectos bioquímicos y neurofisiológicos*. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-87052014000100010#:~:text=La%20neuroplasticidad%20es%20la%20potencialidad,la%20disfunci%C3%B3n%20o%20el%20da%C3%B1o
- Guimet, H. M. (2022, diciembre 20). *Cómo la neuroeducación interfiere en el aprendizaje*. Salud Con Ciencia. <https://blogs.uoc.edu/cienciasdelasalud/es/neuroeducacion-como-ayuda-neurociencia-en-aprendizaje-educacion/>
- Gobierno de España. (2020). Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre, por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (LOMLOE). Boletín Oficial del Estado, 340, 122868-

122953. <https://www.boe.es/eli/es/lo/2020/12/29/3>
- Gobierno de España. (2022). Real Decreto 243/2022, de 5 de abril, por el que se establece la ordenación y las enseñanzas mínimas de la Educación Primaria. Boletín Oficial del Estado, 81, 44285-44432. <https://www.boe.es/eli/es/rd/2022/04/05/243>
- Instituto Nacional del Cáncer. (2024). *Diccionario de cáncer del NCI*. Cancer.gov. <https://www.cancer.gov/espanol/publicaciones/diccionarios/diccionario-cancer/def/neuroendocrino>
- Jolles, J., & Jolles, D. D. (2021). On Neuroeducation: Why and How to Improve Neuroscientific Literacy in Educational Professionals. *Frontiers In Psychology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2021.752151>
- Ley Orgánica 3/2020, de 29 de diciembre. Por la que se modifica la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación, Ley Orgánica n.º 3/2020. 2020. 30 de diciembre de 2020. España. Boletín Oficial del Estado, (340).
- Nicolson, R. I., & Fawcett, A. J. (2023). *The Neuroscience of Learning: Classroom Strategies for Maximizing Student Potential*. Routledge.
- Ortiz-Cermeño, E. (2020). ¿Cómo evolucionan y se interpretan los valores cívicos en la diversas teorías e instituciones contemporáneas de la educación? Diego Marín Librero
- Rodríguez-Villegas, S. (2022, 8 septiembre). *El aporte de las neurociencias para el proceso de enseñanza-aprendizaje*. Revista Oficial del Colegio de Licenciados y Profesores. <https://doi.org/10.29057/ia.v7i14.3993>
- Sabater, V. (2022, octubre 3). Acetilcolina: el neurotransmisor que facilita la comunicación entre neuronas. *La Mente Es Maravillosa*.
- Simner, J., & Hubbard, E. M. (2024). *The Oxford Handbook of Synesthesia* (2nd ed.). Oxford University Press, , USA.
- Sousa, D. A. (2022). How the Brain Learns. (Vols. 1-0). Corwin, <https://doi.org/10.4135/9781071855324>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2021). *Neuromyths: Debunking False Ideas About the Brain* (2nd ed.). Springer.