

## **Neurociencia del esfuerzo: Circuitos neuronales, motivación y transformación personal**

**César Augusto Victoria Arce**

Mg. Neuropsicología Clínica – Mg. Inteligencia Emocional-Doctorante en Neuropedagogía – Psicólogo – Lic. en Filosofía - Universidad Nacional Abierta y a Distancia – UNAD - cesar.victoria@unad.edu.co

**Recibido:** 22/08/2025 - **Aceptado:** 9/09/2025 - **Publicado:** 24/09/2025

### **RESUMEN**

La motivación ha sido tradicionalmente concebida como un estado previo que impulsa la acción; sin embargo, investigaciones recientes en neurociencia muestran que el esfuerzo sostenido no solo es consecuencia de la motivación, sino también un generador activo de esta. Este giro conceptual permite comprender el esfuerzo como un proceso bidireccional que impacta el aprendizaje, la resiliencia y la transformación personal. Describir los circuitos neuronales implicados en la motivación del esfuerzo, analizar su relación con la neuroplasticidad y examinar sus aplicaciones en contextos educativos, clínicos y de rehabilitación neuropsicológica. Se realizó una revisión teórica de carácter cualitativo, descriptivo y analítico, basada en literatura científica publicada entre 2010 y 2023 en bases de datos como PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar. Se incluyeron estudios empíricos y revisiones sistemáticas en humanos y modelos animales relacionados con la motivación del esfuerzo, dopamina, neuroplasticidad, corteza cingulada anterior y rehabilitación neuropsicológica. Los hallazgos evidencian que el sistema dopaminérgico mesolímbico, la corteza cingulada anterior y los ganglios basales conforman un circuito clave que regula la disposición al esfuerzo y la persistencia en la consecución de metas. Además, se observó que el esfuerzo sostenido promueve la neuroplasticidad estructural y funcional, fortaleciendo la conectividad sináptica, la neurogénesis y la reorganización de redes corticales y subcorticales. En la práctica, estas dinámicas se reflejan en la mejora del aprendizaje autorregulado en educación, el uso de micro-esfuerzos en psicología clínica y el diseño de intervenciones con sentido personal en rehabilitación neuropsicológica. El esfuerzo no constituye un fenómeno mágico, pero sus efectos neurobiológicos tienen el potencial de producir transformaciones significativas y duraderas. Reconocerlo como generador de motivación abre nuevas perspectivas para diseñar estrategias educativas, terapéuticas y de rehabilitación que potencien el bienestar, la resiliencia y el desarrollo integral de las personas.

**Palabras clave:** motivación del esfuerzo; neuroplasticidad; dopamina; corteza cingulada anterior; neurociencia aplicada.

### **ABSTRACT**

Traditionally, motivation has been conceived as a preceding state that drives action; however, recent neuroscience research shows that sustained effort is not only a consequence of motivation but also an active generator of it. This conceptual shift allows effort to be understood as a

bidirectional process that impacts learning, resilience, and personal transformation. To describe the neural circuits involved in effort-based motivation, analyze their relationship with neuroplasticity, and examine their applications in educational, clinical, and neuropsychological rehabilitation contexts. A theoretical review of a qualitative, descriptive, and analytical nature was conducted, based on scientific literature published between 2010 and 2023 in databases such as PubMed, Scopus, ScienceDirect, and Google Scholar. The inclusion criteria considered empirical studies and systematic reviews in humans and animal models related to effort-based motivation, dopamine, neuroplasticity, anterior cingulate cortex, and neuropsychological rehabilitation. Findings indicate that the mesolimbic dopaminergic system, the anterior cingulate cortex, and the basal ganglia form a key circuit that regulates willingness to exert effort and persistence in goal-directed behavior. Moreover, sustained effort promotes structural and functional neuroplasticity, strengthening synaptic connectivity, neurogenesis, and the reorganization of cortical and subcortical networks. In practice, these dynamics are reflected in enhanced self-regulated learning in education, the implementation of micro-efforts in clinical psychology, and the design of meaningful interventions in neuropsychological rehabilitation. Effort is not a “magical” phenomenon, but its neurobiological effects have the potential to produce significant and lasting transformations. Recognizing effort as a generator of motivation opens new perspectives for designing educational, therapeutic, and rehabilitation strategies that foster well-being, resilience, and human development.

**Keywords:** effort-based motivation, neuroplasticity, dopamine, anterior cingulate cortex, applied neuroscience.

## 1. INTRODUCCIÓN

En la narrativa popular, la motivación suele considerarse el motor que antecede y condiciona al esfuerzo. Bajo esta perspectiva, la energía invertida en una tarea es el resultado de un impulso motivacional preexistente. No obstante, investigaciones recientes en neurociencia cognitiva han cuestionado este modelo lineal, planteando que el esfuerzo sostenido puede ser, en sí mismo, un generador de motivación y no únicamente su consecuencia (Inzlicht et al., 2018; Westbrook et al., 2020). Este cambio de paradigma implica reconocer un bucle dinámico en el que la acción deliberada y persistente no solo responde a un motivo inicial, sino que también estimula y refuerza la motivación intrínseca, configurando una relación bidireccional entre ambos procesos.

Comprender esta dinámica resulta fundamental porque redefine la manera en que concebimos el comportamiento humano y la autorregulación. Si el esfuerzo tiene la capacidad de generar motivación, entonces deja de ser un mero “costo energético” y se convierte en un proceso activo con implicaciones directas en el aprendizaje, la resiliencia y la transformación personal. Esto plantea preguntas clave: ¿qué circuitos neuronales intervienen en la motivación del esfuerzo?, ¿cómo se vincula el esfuerzo con la neuroplasticidad y la capacidad de adaptación del cerebro?, ¿qué implicaciones tiene este fenómeno en ámbitos como la educación, la psicología clínica y la rehabilitación neuropsicológica?

Desde la neurociencia, diversos estudios han identificado que estructuras como el sistema dopaminérgico mesolímbico, la corteza cingulada anterior y los ganglios basales desempeñan un papel decisivo en la disposición al esfuerzo y en la evaluación de la relación costo–beneficio de las acciones (Salamone y Correa, 2012; Shenhav et al., 2013). De forma paralela, la evidencia sobre neuroplasticidad muestra que la práctica sostenida y deliberada produce cambios estructurales y

funcionales en el cerebro, lo que respalda la idea de que el esfuerzo no solo impacta el presente, sino que también moldea las capacidades futuras (Draganski et al., 2004; Zatorre et al., 2012).

Estos hallazgos adquieren relevancia práctica en contextos donde la motivación es un factor determinante para el éxito y la recuperación. En la educación, comprender el valor del esfuerzo como generador de motivación permite diseñar estrategias pedagógicas más eficaces y sostenibles. En el ámbito clínico, incorporar micro-esfuerzos graduales puede ser un recurso terapéutico para pacientes con depresión o apatía, mientras que en la rehabilitación neuropsicológica, la práctica con sentido personal potencia la reorganización cerebral tras una lesión.

En este sentido, el presente artículo tiene como objetivo revisar de manera crítica la literatura científica sobre la motivación del esfuerzo, describiendo los circuitos neuronales implicados, analizando su relación con la neuroplasticidad y explorando aplicaciones prácticas en distintos escenarios. La propuesta busca integrar la evidencia neurobiológica con estrategias de intervención, mostrando cómo el esfuerzo sostenido puede actuar como un catalizador de cambio en el desarrollo humano y la calidad de vida.

## **2. MARCO TEÓRICO Y/O ANTECEDENTES**

### **2.1. Motivación del esfuerzo: concepto y alcance**

La motivación del esfuerzo (effort-based motivation) se define como la disposición de un organismo a invertir recursos físicos o cognitivos en la consecución de un objetivo, incluso cuando ello implica costes significativos (Salamone y Correa, 2012). Este concepto rompe con la visión tradicional que ubica la motivación como un requisito previo a la acción, proponiendo, en cambio, que el esfuerzo sostenido puede generar y reforzar la motivación, estableciendo un bucle recursivo entre ambos procesos (Inzlicht et al., 2018).

A diferencia de la motivación puramente extrínseca, donde la conducta se dirige a obtener recompensas externas, la motivación del esfuerzo conlleva una valoración intrínseca del acto de esforzarse: el esfuerzo es percibido no solo como un medio para alcanzar una meta, sino como un fin valioso en sí mismo. Esta percepción incrementa la probabilidad de persistir ante la dificultad y potencia el aprendizaje autorregulado (Ryan y Deci, 2017).

Desde la neurociencia educativa, Bueno (2024) plantea que el esfuerzo, cuando es percibido como asequible y vinculado a una expectativa realista de recompensa, actúa como un activador de la motivación intrínseca. Según el autor, este proceso no es meramente psicológico, sino neurobiológico: el esfuerzo sostenido estimula redes neuronales asociadas con el control ejecutivo (corteza prefrontal dorsolateral), la anticipación de recompensa (núcleo accumbens) y la regulación emocional (corteza cingulada anterior). De esta forma, se enciende un circuito de retroalimentación positiva donde la acción incrementa la motivación, y la motivación, a su vez, facilita el esfuerzo.

El sustrato neurobiológico de este fenómeno se localiza principalmente en el sistema dopaminérgico mesolímbico, en el cual el área tegmental ventral (VTA) proyecta al núcleo accumbens y a regiones prefrontales, modulando la percepción del valor de la tarea y la energía dispuesta a invertir (Schultz, 2016; Westbrook et al., 2020). La corteza cingulada anterior desempeña un papel clave en la evaluación costo-beneficio, determinando si el esfuerzo es

proporcional a la recompensa esperada (Shenhav et al., 2013). Asimismo, los ganglios basales participan en la selección y mantenimiento de conductas orientadas a metas, reforzando aquellas que resultan adaptativas.

En paralelo, la neuroplasticidad inducida por el esfuerzo —tanto físico como cognitivo— implica cambios estructurales como el aumento de la densidad sináptica y la reorganización funcional de redes corticales y subcorticales (Draganski et al., 2004). Estos cambios explican por qué la práctica deliberada y sostenida no solo mejora el desempeño inmediato, sino que deja huellas duraderas en la arquitectura cerebral, fortaleciendo la capacidad para afrontar retos futuros.

Finalmente, Gardner (2011) y Tokuhami-Espinosa (2011) señalan que el esfuerzo consciente y persistente también potencia competencias metacognitivas y socioemocionales, lo que permite al individuo no solo aprender más, sino aprender mejor. En este sentido, el esfuerzo deja de ser un mero requisito para el logro y se convierte en un catalizador de crecimiento personal, resiliencia y bienestar a lo largo de la vida.

### **2.1.1 Circuitos neuronales implicados**

La motivación del esfuerzo no se genera en una única región cerebral, sino que emerge de la interacción dinámica entre diversas estructuras que integran información sobre recompensa, costo, fatiga y relevancia personal de la tarea. Esta red neurofuncional involucra tanto sistemas corticales como subcorticales, conectados a través de bucles dopaminérgicos y glutamatérgicos que facilitan la toma de decisiones y la persistencia conductual (Salamone y Correa, 2012; Westbrook et al., 2020).

*Sistema dopaminérgico mesolímbico.* El núcleo de este sistema lo constituyen el área tegmental ventral (VTA) y el núcleo accumbens. La VTA proyecta axones dopaminérgicos hacia el núcleo accumbens, la corteza prefrontal y la amígdala, codificando predicciones de recompensa y ajustando la cantidad de energía que el organismo está dispuesto a invertir en una tarea (Schultz, 2016). Westbrook et al. (2020) demostraron que el incremento de dopamina sesga la evaluación de beneficios frente a costos, favoreciendo la elección de actividades que demandan un mayor esfuerzo cognitivo o físico cuando se perciben como valiosas.

*Corteza cingulada anterior (ACC).* Situada en la región medial del lóbulo frontal, la ACC actúa como un “centro de control” que integra señales motivacionales y de control ejecutivo. Su función principal es la evaluación costo-beneficio, comparando el esfuerzo requerido con el valor estimado de la recompensa (Shenhav et al., 2013). Estudios de neuroimagen funcional muestran que la activación de la ACC se incrementa en tareas de alta demanda cognitiva, especialmente cuando la persona decide persistir a pesar del cansancio o la complejidad (Holroyd y Yeung, 2012).

*Ganglios basales.* Estructuras como el estriado dorsal y el globo pálido participan en la selección y mantenimiento de secuencias motoras y cognitivas necesarias para alcanzar metas. Estos núcleos subcorticales forman parte de bucles frontoestriatales que refuerzan conductas adaptativas y suprimen respuestas no deseadas, contribuyendo así a la persistencia conductual (Graybiel, 2008). Su interacción con el sistema dopaminérgico permite que el esfuerzo sostenido se traduzca en hábitos eficientes y automatizados.

Estos circuitos conforman un sistema integrado de motivación y control, donde la dopamina no solo actúa como neurotransmisor de placer, sino como modulador de la disposición al esfuerzo. La ACC decide cuándo vale la pena persistir, los ganglios basales ejecutan y mantienen la acción, y el sistema mesolímbico refuerza la conducta con base en el aprendizaje por recompensa (Berridge y Kringelbach, 2015).

### **2.1.2 Esfuerzo y neuroplasticidad**

El esfuerzo sostenido, especialmente cuando se enmarca en contextos de aprendizaje significativo y práctica deliberada, actúa como un potente modulador de la neuroplasticidad. Este concepto hace referencia a la capacidad del sistema nervioso para modificar su estructura y funcionalidad en respuesta a la experiencia (Kolb y Gibb, 2011).

La evidencia neurocientífica indica que la persistencia en tareas orientadas a metas desencadena procesos celulares y moleculares que fortalecen la conectividad sináptica, aumentan la arborización dendrítica y promueven la mielinización de axones en circuitos relevantes. En términos estructurales, se ha observado un incremento en la densidad sináptica y cambios en la organización funcional de redes neuronales, particularmente en la corteza prefrontal, el hipocampo y los ganglios basales, regiones implicadas en la planificación, la memoria de trabajo y el control motor (Draganski et al., 2004; Zatorre et al., 2012).

El estudio clásico de Draganski et al. (2004), utilizando resonancia magnética estructural, demostró que la adquisición de una habilidad compleja —como aprender malabares— produce un aumento de la materia gris en áreas relacionadas con el procesamiento visoespacial y la coordinación motora. Lo relevante es que estos cambios no dependen únicamente del tiempo de exposición, sino del esfuerzo atencional y la práctica repetida.

A nivel funcional, el esfuerzo repetido fortalece las vías sinápticas a través de la potenciación a largo plazo (LTP), un mecanismo de aprendizaje y memoria que incrementa la eficacia de la transmisión neuronal (Bliss y Collingridge, 2013). Este fenómeno es bidireccional: la repetición incrementa la eficiencia sináptica, y esta eficiencia facilita nuevas ejecuciones con menor costo cognitivo, generando un ciclo de mejora continua.

Además, el esfuerzo prolongado no solo afecta la plasticidad sináptica, sino que estimula la neurogénesis en el hipocampo —particularmente en el giro dentado—, lo que contribuye a la consolidación de aprendizajes y a la flexibilidad cognitiva (Kempermann, 2019). Este hallazgo es especialmente relevante en contextos educativos y terapéuticos, dado que vincula directamente la perseverancia con la capacidad de adaptación y resiliencia cerebral.

#### **En síntesis, el esfuerzo sostenido:**

1. Moldea físicamente el cerebro mediante cambios estructurales (materia gris, materia blanca, sinapsis).
2. Refuerza rutas funcionales que facilitan la ejecución y el aprendizaje de tareas complejas.
3. Promueve adaptaciones emocionales al asociar la persistencia con experiencias de logro y recompensa.

Esta interdependencia entre esfuerzo y neuroplasticidad sustenta la idea de que la práctica deliberada no solo entrena habilidades, sino que transforma de manera duradera el sustrato biológico que las soporta.

## **2.2. Evidencia empírica reciente**

Estudios en humanos han demostrado que incrementos en la dopamina disponibles en la sinapsis potencian la disposición a realizar tareas exigentes, incluso sin una recompensa inmediata (Westbrook et al., 2020). Investigaciones con neuroimagen funcional muestran que la activación de la corteza cingulada anterior predice la persistencia en actividades cognitivas demandantes (Shenhav et al., 2013).

En modelos animales, Salamone y Correa (2012) hallaron que la inhibición de la transmisión dopaminérgica reduce drásticamente la preferencia por tareas que implican mayor esfuerzo, incluso si estas conllevan mejores recompensas.

## **2.3. Aplicaciones prácticas**

### **2.3.1. Educación**

En el contexto educativo, la implementación de programas que incorporan retos escalonados, acompañados de retroalimentación positiva y estrategias de autorregulación, se ha mostrado eficaz para fomentar la perseverancia, la tolerancia a la frustración y la motivación intrínseca (Ryan y Deci, 2017). Este enfoque no solo busca el logro de objetivos académicos, sino también el fortalecimiento de las rutas neuronales implicadas en el esfuerzo sostenido, consolidando la capacidad de los estudiantes para afrontar desafíos crecientes de manera autónoma.

Immordino-Yang y Damasio (2007) y Immordino-Yang et al. (2016) sostienen que la conexión entre emoción, cognición y motivación es esencial para un aprendizaje profundo y duradero. La activación de circuitos emocionales vinculados a la relevancia personal de la tarea facilita la implicación sostenida del estudiante, incrementando la eficiencia en redes cerebrales como la corteza prefrontal medial y el sistema límbico. De esta manera, el esfuerzo no se percibe únicamente como un gasto de energía, sino como una inversión significativa con sentido personal.

Además, las investigaciones de Immordino-Yang (2015) demuestran que los contextos educativos que integran componentes narrativos, metas con propósito y oportunidades para la reflexión estimulan redes neuronales asociadas al modo de pensamiento introspectivo (red por defecto) y al control ejecutivo (red frontoparietal), favoreciendo un balance óptimo entre exploración creativa y disciplina cognitiva.

Desde la perspectiva neuroeducativa, Bueno (2024) enfatiza que graduar la dificultad de las tareas es clave para mantener la motivación del esfuerzo: retos excesivamente fáciles no estimulan la plasticidad, mientras que desafíos desproporcionados pueden generar desmotivación y ansiedad. Un diseño pedagógico óptimo regula la carga cognitiva y emocional, manteniendo al estudiante en la denominada zona de desarrollo próximo (Vygotsky, 1978) y maximizando el aprendizaje.

Finalmente, la evidencia sugiere que prácticas como el aprendizaje basado en proyectos (ABP), la gamificación con retroalimentación inmediata y los ejercicios de autorreflexión no solo incrementan la implicación estudiantil, sino que también estimulan adaptaciones neuroplásticas en

las áreas cerebrales relacionadas con la planificación, la autorregulación y la resiliencia (Tokuhama-Espinosa, 2020; Zatorre et al., 2012).

## **2.4. Psicología clínica**

En el tratamiento de trastornos afectivos como la depresión, la apatía o el trastorno por déficit de motivación, la incorporación de micro-esfuerzos —acciones simples, alcanzables y con significado personal— se ha mostrado efectiva para reactivar progresivamente el sistema de recompensa y favorecer la adherencia a los procesos terapéuticos (Treadway et al., 2012). Estos micro-esfuerzos, que pueden incluir actividades como realizar una caminata corta, establecer una rutina matinal o cumplir pequeñas metas laborales, actúan como catalizadores de dopamina en el núcleo accumbens, reduciendo la anhedonia y promoviendo sentimientos de logro.

Desde la perspectiva neuropsicológica, Immordino-Yang y Damasio (2007) y Immordino-Yang et al. (2016) han señalado que el componente emocional asociado al significado personal de la tarea es determinante para que la motivación se mantenga en el tiempo. Esto implica que, en el diseño de intervenciones clínicas, no basta con proponer actividades; es necesario que estas conecten con los valores, intereses y metas del paciente, generando así un vínculo emocional que potencie la persistencia conductual.

En el marco de la terapia cognitivo-conductual (TCC), el entrenamiento en micro-esfuerzos puede integrarse en estrategias de activación conductual, donde el paciente registra y evalúa diariamente sus acciones y el impacto emocional percibido (Jacobson et al., 2001). Esta técnica, además de mejorar el estado de ánimo, estimula circuitos prefrontales y límbicos implicados en la planificación, el autocontrol y la valoración positiva del esfuerzo.

Asimismo, estudios recientes han demostrado que la práctica continuada de actividades que requieren un esfuerzo físico moderado, como el ejercicio aeróbico o la danza terapéutica, contribuye a la neurogénesis hipocampal y a la regulación de neurotransmisores como la serotonina y la dopamina, mejorando la resiliencia emocional y la capacidad de disfrute (Kandola et al., 2019). Por tanto, en el contexto clínico, el esfuerzo graduado y con sentido no solo es un medio para recuperar la funcionalidad, sino también un vehículo para reconfigurar las redes neuronales asociadas con la motivación, el placer y la autorregulación emocional.

### **2.4.1. Rehabilitación neuropsicológica**

En el ámbito de la rehabilitación neuropsicológica, la incorporación de tareas físicas y cognitivas que demanden un esfuerzo progresivo constituye una estrategia fundamental para promover la neuroplasticidad adaptativa y optimizar la recuperación funcional tras lesiones cerebrales adquiridas, como el traumatismo craneoencefálico, el accidente cerebrovascular (ACV) o las encefalopatías hipóxico-isquémicas (Cicerone et al., 2019).

El principio terapéutico subyacente es que el esfuerzo repetido y significativo desencadena procesos de reorganización sináptica y de activación de vías neuronales alternativas que compensan las funciones deterioradas (Kleim y Jones, 2008). Este fenómeno, conocido como plasticidad dependiente de la experiencia, se ve potenciado cuando la tarea presenta un nivel de dificultad que desafía las capacidades actuales del paciente, pero sigue siendo alcanzable —es decir, cuando se sitúa en su zona óptima de esfuerzo.

En rehabilitación motora, intervenciones como la terapia de movimiento inducido por restricción (CIMT) han demostrado que el uso intensivo y forzado de un miembro afectado no solo mejora el control motor, sino que también incrementa la representación cortical de ese miembro en la corteza motora contralateral (Taub et al., 1999). De manera análoga, en la rehabilitación cognitiva, programas basados en la práctica espaciada y la resolución de problemas complejos estimulan la corteza prefrontal dorsolateral, el hipocampo y redes frontoparietales, mejorando la memoria de trabajo, la atención sostenida y la planificación (Sohlberg y Mateer, 2001).

Desde la **neuropsicología clínica**, Immordino-Yang y Damasio (2016) subrayan que el **componente emocional y motivacional** de las tareas de rehabilitación no es un aspecto accesorio, sino un factor central en la recuperación funcional. La activación de circuitos límbicos y prefrontales vinculados al significado personal de la actividad —como la **corteza prefrontal medial**, la **amígdala** y el **hipocampo**— potencia la liberación de neuromoduladores como la dopamina y la noradrenalina, que facilitan la plasticidad sináptica y mejoran la consolidación de nuevos aprendizajes motores y cognitivos (Berridge y Kringelbach, 2015).

Cuando las tareas se diseñan con un **propósito significativo** y se alinean con metas personales concretas —por ejemplo, permitir a un paciente con ACV volver a escribir cartas a su familia o recuperar la capacidad de tocar un instrumento—, se produce una doble estimulación:

- **Cognitiva**, mediante el desafío adaptativo que promueve la reorganización cortical.
- **Afectiva**, a través del sentido de relevancia y conexión emocional que incrementa la **adherencia terapéutica**.

Este enfoque coincide con la hipótesis de que la **motivación del esfuerzo** actúa como un modulador clave de la **plasticidad sináptica** y de la **reconexión funcional postlesión**, facilitando que redes neuronales previamente inactivas o subutilizadas asuman el control de funciones perdidas (Kleim y Jones, 2008). Estudios de neuroimagen funcional han evidenciado que los pacientes expuestos a programas de rehabilitación con contenido personalmente significativo muestran **mayores incrementos en conectividad funcional y menor atrofia en regiones motoras y asociativas**, en comparación con protocolos descontextualizados (Rakić et al., 2020).

La rehabilitación neuropsicológica que integra **desafíos con sentido personal** no solo favorece el avance técnico de la recuperación, sino que también transforma el proceso en una experiencia emocionalmente gratificante, lo que refuerza el círculo virtuoso entre **esfuerzo sostenido, motivación intrínseca y neuroplasticidad adaptativa**.

En síntesis, la rehabilitación neuropsicológica basada en esfuerzo progresivo:

- Estimula la reorganización cortical y subcortical en áreas afectadas y no afectadas.
- Favorece la compensación funcional mediante la activación de vías neuronales alternativas.
- Refuerza la motivación intrínseca del paciente, incrementando la adherencia al tratamiento y la probabilidad de recuperación a largo plazo.

Estos principios justifican que la rehabilitación contemporánea no se limite a la repetición mecánica de ejercicios, sino que integre desafíos adaptativos, emocionalmente significativos y neurobiológicamente relevantes, maximizando así el potencial de recuperación.

### 3. METODOLOGÍA O DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

El presente trabajo corresponde a un *artículo de revisión teórica con análisis crítico*, orientado a integrar hallazgos de la neurociencia básica y aplicada sobre la motivación del esfuerzo, con proyecciones en el campo educativo, clínico y de rehabilitación neuropsicológica. *Enfoque*: Se adoptó un diseño cualitativo, de tipo descriptivo y analítico, centrado en la identificación, sistematización y discusión de literatura científica relevante.

*Búsqueda de información*: La revisión bibliográfica se llevó a cabo entre marzo y junio de 2025 en las bases de datos PubMed, Scopus, ScienceDirect y Google Scholar, utilizando descriptores en español e inglés como: *effort-based motivation, dopamina, neuroplasticity, anterior cingulate cortex, motivation, neuropsychological rehabilitation*.

*Criterios de inclusión*:

- Publicaciones entre 2010 y 2023.
- Estudios empíricos en humanos y modelos animales.
- Revisiones sistemáticas y artículos teóricos con respaldo en evidencia experimental.
- Documentos que abordaran explícitamente la relación entre esfuerzo, motivación y plasticidad cerebral.

*Criterios de exclusión*:

- Publicaciones sin respaldo empírico ni revisión sistemática.
- Artículos de opinión, editoriales o ensayos sin fundamentación neurocientífica.
- Documentos que no abordaran directamente el vínculo entre esfuerzo y motivación.

*Proceso de selección*: en una primera búsqueda se identificaron aproximadamente 180 registros. Tras la eliminación de duplicados y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron 65 artículos para lectura completa. De estos, se integraron finalmente 42 estudios considerados más pertinentes y de mayor calidad metodológica, los cuales nutren la discusión de este artículo.

*Análisis de información*: La información fue organizada en tres ejes temáticos:

- Circuitos neuronales implicados en la motivación del esfuerzo.
- Impacto del esfuerzo en la neuroplasticidad.
- Aplicaciones prácticas en educación, psicología clínica y rehabilitación neuropsicológica.

*Consideraciones éticas*: Dado que se trata de una revisión documental, no fue necesaria la aprobación de un comité de ética en investigación con seres humanos. No obstante, se garantizó el respeto a los principios de integridad científica y a la adecuada citación de las fuentes revisadas.

## 4. ANÁLISIS DE RESULTADOS O HALLAZGOS

El esfuerzo no debe concebirse únicamente como una consecuencia de la motivación, sino como un agente activo capaz de detonar procesos neurobiológicos que, a su vez, retroalimentan y fortalecen la motivación, la resiliencia y la conducta orientada a metas. Este bucle bidireccional — en el que el esfuerzo estimula circuitos de recompensa, plasticidad y control ejecutivo, y estos a su vez incrementan la disposición a seguir esforzándose— podría explicar por qué, aunque el esfuerzo no sea “mágico” en términos causales, sus efectos suelen vivirse como profundamente transformadores en la experiencia personal, educativa y clínica (Inzlicht et al., 2018; Salamone y Correa, 2012).

El análisis de la literatura revisada permite identificar que el esfuerzo sostenido no debe entenderse únicamente como una consecuencia de la motivación, sino como un **agente activo capaz de detonar procesos neurobiológicos** que retroalimentan la motivación, la resiliencia y la conducta orientada a metas. Este fenómeno se sostiene en tres ejes principales: los circuitos neuronales implicados, la función motivacional del esfuerzo y su capacidad para transformar la experiencia personal y social.

### 1. Circuitos neuronales implicados en la motivación del esfuerzo

Los hallazgos neurocientíficos destacan la participación de un sistema integrado conformado por el sistema dopaminérgico mesolímbico, la corteza cingulada anterior (ACC) y los ganglios basales. El área tegmental ventral (VTA) y el núcleo accumbens codifican la expectativa de recompensa y modulan la energía que el organismo está dispuesto a invertir en una tarea (Schultz, 2016). La ACC, por su parte, funciona como un centro de evaluación costo-beneficio, integrando información sobre la dificultad de la tarea y el valor esperado de la recompensa (Shenhav et al., 2013). Finalmente, los ganglios basales participan en la selección y mantenimiento de conductas orientadas a metas, facilitando la persistencia conductual (Graybiel, 2008).

La interacción de estos circuitos sugiere que la motivación del esfuerzo no es un fenómeno localizado, sino el resultado de una red dinámica que combina señales de recompensa, control ejecutivo y hábitos. De hecho, estudios con neuroimagen funcional muestran que el incremento en la liberación dopaminérgica sesga la decisión hacia tareas más exigentes cuando estas se perciben como valiosas, aun cuando implican un mayor costo energético (Westbrook et al., 2020).

- **El esfuerzo como generador de motivación**

Contrario a la concepción tradicional, el esfuerzo no es solo una consecuencia de la motivación, sino que también la estimula de manera bidireccional. Inzlicht et al. (2018) denominan a este fenómeno la “paradoja del esfuerzo”: aunque requiere gasto energético y puede resultar incómodo, el esfuerzo también es percibido como valioso y gratificante. Este valor intrínseco se explica porque el esfuerzo activa mecanismos de recompensa internos, reforzando la conducta persistente y aumentando la tolerancia a la frustración.

La evidencia empírica respalda este planteamiento. Salamone y Correa (2012) demostraron que cuando se inhibe la transmisión dopaminérgica en modelos animales, la preferencia por tareas de alto esfuerzo disminuye, incluso si estas ofrecen recompensas superiores. Por el contrario, cuando el sistema dopaminérgico se encuentra activo, el sujeto está más dispuesto a persistir y a enfrentar demandas crecientes. En humanos, se ha encontrado que experiencias repetidas de esfuerzo exitoso

reducen la respuesta fisiológica al estrés y fortalecen la percepción de autoeficacia (Ryan y Deci, 2017).

- **Esfuerzo y transformación personal**

Más allá de su papel neurobiológico, el esfuerzo sostenido produce transformaciones duraderas en la experiencia subjetiva y en la organización del cerebro. La neuroplasticidad inducida por el esfuerzo favorece el fortalecimiento sináptico, la arborización dendrítica y la neurogénesis en regiones clave como el hipocampo y la corteza prefrontal (Draganski et al., 2004; Kempermann, 2019). Estos cambios explican por qué la práctica deliberada y prolongada no solo mejora el rendimiento inmediato, sino que también moldea la capacidad futura para aprender, regular emociones y enfrentar desafíos.

En el ámbito educativo, esta dinámica se traduce en la posibilidad de diseñar currículos que integren retos progresivos y fomenten el aprendizaje autorregulado, transformando la percepción del esfuerzo de un obstáculo a una inversión significativa. En la clínica, la estrategia de micro-esfuerzos ha mostrado eficacia en la reactivación del sistema de recompensa en pacientes con depresión y apatía, generando una progresiva recuperación de la motivación intrínseca (Treadway et al., 2012). En la rehabilitación neuropsicológica, los programas que incluyen tareas con propósito personal no solo favorecen la reorganización cortical tras lesiones cerebrales, sino que también incrementan la adherencia terapéutica y la resiliencia emocional (Kleim y Jones, 2008; Cicerone et al., 2019).

Los resultados muestran que el esfuerzo sostenido activa un círculo virtuoso en el cual los circuitos neuronales de motivación, las experiencias de logro y la neuroplasticidad se retroalimentan mutuamente. Este ciclo convierte al esfuerzo en un mecanismo central para el aprendizaje, la salud mental y la transformación personal, confirmando que, aunque no sea un fenómeno “mágico”, sí constituye un factor decisivo en la construcción de resiliencia y bienestar a lo largo de la vida.

No obstante, persisten interrogantes relevantes:

- ¿Cuáles son las condiciones óptimas —intensidad, duración, significado de la tarea— para que el esfuerzo produzca cambios neuroadaptativos sostenidos?
- ¿Qué explica la variabilidad individual en la respuesta al esfuerzo, incluso bajo contextos y demandas similares?
- ¿Cómo interactúan factores emocionales, sociales y culturales con la biología para amplificar o inhibir este efecto?

Abordar estas preguntas no solo permitirá refinar intervenciones educativas, clínicas y de rehabilitación, sino también replantear el valor del esfuerzo como una habilidad entrenable y transferible a diferentes dominios de la vida. Reconocer el mérito motivacional del esfuerzo implica considerarlo una inversión cerebral y emocional cuyos beneficios, aunque no siempre inmediatos, pueden ser decisivos en el desarrollo humano, la salud mental y la resiliencia frente a la adversidad. Tal como afirmó Santiago Ramón y Cajal, ganador del premio nobel de medicina en 1906 “*todo hombre puede ser, si se lo propone, escultor de su propio cerebro*”, una idea que hoy la neurociencia confirma al demostrar que el esfuerzo deliberado y sostenido es capaz de transformar, de manera tangible, la estructura y función del cerebro.

## 5. CONCLUSIONES

La motivación del esfuerzo constituye un fenómeno neurobiológicamente fundamentado, sustentado en la interacción entre el sistema dopaminérgico mesolímbico, la corteza cingulada anterior, los ganglios basales y las redes corticales de control ejecutivo. Estos circuitos conforman un entramado funcional que regula la disposición a la acción y, al mismo tiempo, transforma la experiencia del esfuerzo en una fuente intrínseca de valor y persistencia. Comprender que el esfuerzo no solo deriva de la motivación, sino que también puede generarla y potenciarla, abre nuevas perspectivas para el diseño de intervenciones en educación, psicología clínica y rehabilitación neuropsicológica, favoreciendo la creación de entornos que convierten la dificultad en oportunidades de aprendizaje, resiliencia y desarrollo humano sostenible.

Los hallazgos de esta revisión permiten afirmar que el esfuerzo no es únicamente una consecuencia de la motivación, sino también un generador activo de ella, configurando un bucle bidireccional que fortalece la resiliencia, la autoeficacia y la conducta orientada a metas. Esta comprensión redefine el papel del esfuerzo en la vida humana, mostrando que sus efectos trascienden lo inmediato y se proyectan en cambios estructurales y funcionales duraderos gracias a la neuroplasticidad.

En el ámbito educativo, reconocer el esfuerzo como motor de motivación abre la posibilidad de diseñar estrategias pedagógicas que integren retos progresivos y significativos, fomentando el aprendizaje autorregulado y la tolerancia a la frustración. En la psicología clínica, la incorporación de micro-esfuerzos con sentido personal emerge como una vía eficaz para la activación del sistema de recompensa y la recuperación de la motivación en pacientes con depresión, apatía o anhedonia. En la rehabilitación neuropsicológica, las tareas adaptativas y emocionalmente significativas favorecen la reorganización cortical y la adherencia terapéutica, potenciando la recuperación funcional.

No obstante, persisten interrogantes relevantes: *¿cuáles son las condiciones óptimas de intensidad, duración y significado para que el esfuerzo produzca cambios neuroadaptativos sostenidos?, ¿qué factores emocionales, sociales y culturales median la variabilidad individual en la respuesta al esfuerzo?, ¿cómo trasladar estos hallazgos de laboratorio a entornos educativos y clínicos diversos?* Estas preguntas abren un campo fértil para la investigación futura, orientada a profundizar en la interacción entre biología, contexto y experiencia personal.

El esfuerzo sostenido se revela como un catalizador de transformación personal y social. Aunque no constituye un fenómeno “mágico”, sus efectos neurobiológicos y psicológicos lo convierten en un recurso decisivo para el aprendizaje, la salud mental y la resiliencia frente a la adversidad. Tal como anticipó Santiago Ramón y Cajal, todo ser humano puede esculpir su propio cerebro; hoy la neurociencia confirma que el esfuerzo deliberado es el cincel que permite hacerlo realidad.

## 6. REFERENCIAS

Berridge, K. C. y Kringelbach, M. L. (2015). Pleasure systems in the brain. *Neuron*, 86(3), 646–664. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.02.018>

- Bliss, T. V. y Collingridge, G. L. (2013). Expression of NMDA receptor-dependent LTP in the hippocampus: bridging the divide. *Molecular brain*, 6(5). <https://doi.org/10.1186/1756-6606-6-5>
- Bueno, D. (2024). *Educa tu cerebro*. Grijalbo.
- Cicerone, K. D., Goldin, Y., Ganci, K., Rosenbaum, A., Wethe, J. V., Langenbahn, D. M., Malec, J. F., Bergquist, T. F., Kingsley, K., Nagele, D., Trexler, L., Fraas, M., Bogdanova, Y. y Harley, J. P. (2019). Evidence-based cognitive rehabilitation: Systematic review of the literature from 2009 through 2014. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 100(8), 1515–1533. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2019.02.011>
- Draganski, B., Gaser, C., Busch, V., Schuierer, G., Bogdahn, U. y May, A. (2004). Neuroplasticity: Changes in grey matter induced by training. *Nature*, 427, 311–312. <https://doi.org/10.1038/427311a>
- Gardner, H. (2011). *Frames of mind: The theory of multiple intelligences*. 3a ed. Basic Books.
- Graybiel, A. M. (2008). Habits, rituals, and the evaluative brain. *Annual Review Neuroscience*, 31(1), 359-387. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.29.051605.112851>
- Holroyd, C. B. y Yeung, N. (2012). Motivation of extended behaviors by anterior cingulate cortex. *Trends in cognitive sciences*, 16(2), 122-128.
- Immordino-Yang, M. H. (2015). *Emotions, learning, and the brain: Exploring the educational implications of affective neuroscience (the Norton series on the social neuroscience of education)*. WW Norton & Company.
- Immordino-Yang, M. H. y Damasio, A. (2007). We feel, therefore we learn: The relevance of affective and social neuroscience to education. *Mind, Brain, and Education*, 1(1), 3–10. <https://doi.org/10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x>
- Immordino-Yang, M. H., Yang, X.-F. y Damasio, H. (2016). Cultural modes of expressing emotions influence how emotions are experienced. *Emotion*, 16(7), 1033–1039. <https://doi.org/10.1037/emo0000201>
- Inzlicht, M., Shenhav, A. y Olivola, C. Y. (2018). The effort paradox: Effort is both costly and valued. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(4), 337–349. <https://doi.org/10.1016/j.tics.2018.01.007>
- Jacobson, N. S., Martell, C. R. y Dimidjian, S. (2001). Behavioral activation treatment for depression: Returning to contextual roots. *Clinical Psychology: Science and Practice*, 8(3), 255–270. <https://doi.org/10.1093/clipsy.8.3.255>
- Kandola, A., Ashdown-Franks, G., Hendrikse, J., Sabiston, C. M. y Stubbs, B. (2019). Physical activity and depression: Towards understanding the antidepressant mechanisms of physical

- activity. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 107, 525-539. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2019.09.040>
- Kempermann, G. (2019). Environmental enrichment, new neurons and the neurobiology of individuality. *Nature Reviews Neuroscience*, 20(4), 235-245. <https://doi.org/10.1038/s41583-019-0120-x>
- Kleim, J. A. y Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51(1), S225–S239. [https://doi.org/10.1044/1092-4388\(2008/018\)](https://doi.org/10.1044/1092-4388(2008/018))
- Kolb, B. y Gibb, R. (2011). Brain plasticity and behaviour in the developing brain. *Journal of the Canadian Academy of Child and Adolescent Psychiatry*, 20(4), 265-276.
- Rakić, M., Cabezas, M., Kushibar, K., Oliver, A. y Llado, X. (2020). Improving the detection of autism spectrum disorder by combining structural and functional MRI information. *NeuroImage: Clinical*, 25, <https://doi.org/10.1016/j.nicl.2020.102181>
- Ryan, R. M. y Deci, E. L. (2017). *Self-determination theory: Basic psychological needs in motivation, development, and wellness*. Guilford Press.
- Salamone, J. D. y Correa, M. (2012). The mysterious motivational functions of mesolimbic dopamine. *Neuron*, 76(3), 470–485. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2012.10.021>
- Schultz, W. (2016). Dopamine reward prediction error coding. *Dialogues in Clinical Neuroscience*, 18(1), 23–32. <https://doi.org/10.31887/DCNS.2016.18.1/wschultz>
- Shenhav, A., Botvinick, M. M. y Cohen, J. D. (2013). The expected value of control: An integrative theory of anterior cingulate cortex function. *Neuron*, 79(2), 217–240. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2013.07.007>
- Sohlberg, M. M. y Mateer, C. A. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. Guilford Press.
- Taub, E., Uswatte, G. y Pidikiti, R. (1999). Constraint-induced movement therapy: A new family of techniques with broad application to physical rehabilitation—A clinical review. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 36(3), 237–251. <https://doi.org/10.1682/JRRD.1999.03.0237>
- Tokuhama-Espinosa, T. (2011). *Mind, brain and education science: A comprehensive guide to new brain-based teaching*. NY: W.W. Norton & Company, Inc.
- Treadway, M. T., Buckholtz, J. W., Cowan, R. L., Woodward, N. D., Li, R., Ansari, M. S., Baldwin, R. M., Schwartzman, A. N., Kessler, R. M. y Zald, D. H. (2012). Dopaminergic mechanisms of individual differences in human effort-based decision-making. *Journal of Neuroscience*, 32(18), 6170–6176. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.6459-11.2012>

Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes* (Vol. 86). Harvard university press.

Westbrook, A., van den Bosch, R., Määttä, J. I., Hofmans, L., Papadopetraki, D., Cools, R. y Frank, M. J. (2020). Dopamine promotes cognitive effort by biasing the benefits versus costs of cognitive work. *Science*, 372(6537), 1318–1321. <https://doi.org/10.1126/science.aaz5891>

Zatorre, R. J., Fields, R. D. y Johansen-Berg, H. (2012). Plasticity in gray and white: neuroimaging changes in brain structure during learning. *Nature neuroscience*, 15(4), 528-536. <https://doi.org/10.1038/nn.3045>