



## Marcadores neurocognitivos y rendimiento en el deporte y la recreación: revisión sistemática

*Neurocognitive markers and performance in sports and recreation: systematic review*

### Autores

Karla Yaritza Belduma Cabrera <sup>1</sup>  
 Angie Celine Morocho Idrovo <sup>2</sup>  
 Esteban David Quezada Ochoa <sup>3</sup>  
 Conny Nathaly Morocho Idrovo <sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad Estatal Península de Santa Elena (Ecuador)

<sup>2</sup> Ministerio de Educación, Deporte y Cultura (Ecuador)

Autor de correspondencia:  
 Karla Yaritza Belduma Cabrera  
 kbelduma4043@upse.edu.ec

Recibido: 24-01-26  
 Aceptado: 14-02-26

### Cómo citar en APA

Belduma Cabrera, K. Y., Morocho Idrovo, A. C., Quezada Ochoa, E. D., & Morocho Idrovo, C. N. (2026). Marcadores neurocognitivos y rendimiento en el deporte y la recreación: revisión sistemática. *Retos*, 76, 931-941. <https://doi.org/10.47197/retos.v77.118641>

### Resumen

**Introducción:** el estudio del rendimiento en el deporte y la recreación incorporó de forma creciente el análisis de procesos neurocognitivos, permitiendo comprender el desempeño físico desde una perspectiva integradora que vincula cerebro, cognición y acción motora.

**Objetivo:** el objetivo de la investigación fue analizar y sintetizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre los marcadores neurocognitivos asociados al rendimiento en el deporte y la recreación.

**Metodología:** se desarrolló una revisión sistemática con enfoque cuantitativo, diseño no experimental. Se seleccionaron veinte artículos científicos publicados en bases de datos indexadas, aplicando criterios explícitos de inclusión y exclusión. La información se organizó mediante análisis descriptivo, categorial y síntesis narrativa.

**Resultados:** los resultados mostraron un predominio de estudios basados en electroencefalografía y potenciales relacionados con eventos, seguidos por técnicas de neuroimagen funcional. Se evidenció una relación consistente entre marcadores neurocognitivos como la eficiencia neural, la activación prefrontal focalizada y la modulación de oscilaciones corticales con dimensiones del rendimiento, incluyendo la toma de decisiones, el control ejecutivo y la estabilidad del desempeño, tanto en contextos deportivos como recreativos.

**Discusión:** los hallazgos fueron coherentes con investigaciones previas que destacaron la eficiencia neural como rasgo distintivo del rendimiento elevado y ampliaron la evidencia al ámbito de la recreación y la actividad física no competitiva.

**Conclusiones:** la revisión confirma la relevancia de los marcadores neurocognitivos como indicadores del rendimiento y resalta su valor para orientar futuras investigaciones e intervenciones basadas en evidencia neurocientífica.

### Palabras clave

Actividad física; deporte; marcadores neurocognitivos; recreación; rendimiento.

### Abstract

**Introduction:** the study of performance in sport and recreation increasingly incorporated the analysis of neurocognitive processes, allowing physical performance to be understood from an integrative perspective that links brain function, cognition, and motor action.

**Objective:** the objective of the study was to analyze and synthesize the scientific evidence published between 2020 and 2025 on neurocognitive markers associated with performance in sport and recreation, as well as to identify methodological trends and knowledge gaps in the field.

**Methodology:** a systematic review was conducted using a quantitative approach, a non-experimental design. Twenty scientific articles published in indexed databases were selected by applying explicit inclusion and exclusion criteria. The information was organized through descriptive analysis, categorical analysis, and narrative synthesis.

**Results:** the results showed a predominance of studies based on electroencephalography and event-related potentials, followed by functional neuroimaging techniques. A consistent relationship was identified between neurocognitive markers such as neural efficiency, focused prefrontal activation, and the modulation of cortical oscillations with key dimensions of performance, including decision-making, executive control, and performance stability, in both sport and recreational contexts.

**Discussion:** the findings were consistent with previous research that identified neural efficiency as a distinctive feature of high performance and expanded the evidence to the domain of recreation and non-competitive physical activity.

**Conclusions:** the review confirms the relevance of neurocognitive markers as indicators of performance and highlights their value for guiding future research and evidence-based interventions grounded in neuroscience.

### Keywords

Neurocognitive markers; physical activity; performance; recreation; sport.

## Introducción

En las últimas décadas, el análisis del rendimiento en el deporte y la recreación ha evolucionado desde enfoques centrados en variables físicas y biomecánicas hacia modelos integradores que incorporan dimensiones cognitivas, neurofisiológicas y psicológicas. En este marco, los marcadores neurocognitivos (indicadores objetivos del funcionamiento cerebral vinculados a procesos como la atención, la toma de decisiones, el control inhibitorio, la anticipación motora y la regulación emocional) han adquirido relevancia para explicar diferencias individuales en el desempeño motor. El desarrollo de técnicas como la electroencefalografía (EEG), los potenciales relacionados con eventos (ERP), la espectroscopía funcional de infrarrojo cercano (fNIRS) y la resonancia magnética funcional (fMRI) ha ampliado la comprensión de los mecanismos neurales implicados en el rendimiento humano (Pettersen et al., 2020).

La evidencia muestra que los atletas expertos presentan patrones de activación cerebral diferenciados respecto a sujetos no entrenados, caracterizados por mayor eficiencia neural y una modulación más precisa de los recursos atencionales. Li & Smith (2021) sostienen que esta eficiencia se manifiesta en menor activación cortical para ejecutar tareas cognitivas y motoras con igual o mayor precisión. En la misma línea, Fang et al. (2022), mediante una revisión con metaanálisis basada en estudios EEG, reportan adaptaciones funcionales inducidas por el entrenamiento, especialmente en regiones frontales y parietales asociadas al control ejecutivo y la planificación motora.

El interés por los marcadores neurocognitivos se extiende al ámbito recreativo, donde la práctica regular de actividad física se asocia con mejoras en funciones ejecutivas, flexibilidad cognitiva y control inhibitorio, con implicaciones para la salud mental y el desempeño cotidiano (Ball, 2022; Li et al., 2025). Así, la recreación activa se configura como un contexto relevante para el estudio de procesos neurocognitivos más allá del deporte competitivo.

Desde el plano teórico, esta línea se sustenta en los modelos de cognición incorporada y perceptivo-cognitiva, que conciben el rendimiento como resultado de la interacción dinámica entre cerebro, cuerpo y entorno. En este marco, los marcadores neurocognitivos reflejan procesos de percepción, anticipación y selección de respuestas activados ante demandas motoras. Estudios basados en ERP evidencian latencias más cortas y amplitudes diferenciadas en componentes como P300 y N200 en atletas, lo que sugiere mayor eficiencia en el procesamiento de estímulos relevantes y en la toma de decisiones motoras (Feng & Li, 2021; Veliks et al., 2024). Asimismo, Schmaderer et al. (2023), mediante fNIRS, reportan una activación más focalizada de la corteza prefrontal en futbolistas expertos durante tareas de anticipación.

Otro eje explicativo es la neuroplasticidad inducida por el ejercicio. Investigaciones con fMRI han documentado cambios en la conectividad funcional en reposo y en redes asociadas a la percepción visoespacial y la coordinación motora en atletas de distintas disciplinas (Zhang et al., 2024), lo que refuerza la idea del deporte y la recreación como moduladores del sistema nervioso central.

No obstante, pese al crecimiento de la literatura, persisten limitaciones estructurales. Una parte significativa de los estudios se concentra en deportes específicos o en atletas de élite, lo que restringe la generalización a contextos recreativos y poblaciones diversas. Además, existe fragmentación conceptual en la definición y clasificación de los marcadores neurocognitivos, junto con elevada heterogeneidad en paradigmas experimentales y técnicas de medición (DeCouto et al., 2024; Morrone & Pedlar, 2024). Esta variabilidad dificulta la integración cuantitativa mediante metaanálisis.

Aunque existen investigaciones sobre procesos específicos vinculados al rendimiento motor (como la anticipación de acciones [Ji et al., 2023] o el control postural asociado a la flexibilidad cognitiva [Chen et al., 2024]) son escasas las revisiones sistemáticas que integren de forma conjunta la evidencia del deporte y la recreación. Las revisiones disponibles suelen centrarse en modalidades deportivas concretas o en técnicas aisladas de neuroimagen, sin abarcar el espectro amplio de prácticas recreativas (Chmiel & Nadobnik, 2025).

Desde una perspectiva metodológica, se reconoce la necesidad de integrar medidas neurofisiológicas con indicadores conductuales y contextuales para una comprensión más holística del rendimiento (Xie et al., 2025; Zhou et al., 2024). En este sentido, una revisión sistemática de carácter narrativo y analítico, sin metaanálisis, resulta pertinente para organizar y sintetizar evidencia heterogénea, identificar tendencias metodológicas y detectar vacíos de conocimiento.

En este contexto, el objetivo general de la presente revisión sistemática es analizar y sintetizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre los marcadores neurocognitivos asociados al rendimiento en el deporte y la recreación. Específicamente, se propone: (a) identificar los marcadores más utilizados (EEG, ERP, fNIRS, fMRI); (b) examinar su relación con dimensiones como toma de decisiones, anticipación motora, control ejecutivo y eficiencia atencional; (c) describir los modelos teóricos y diseños metodológicos predominantes; y (d) señalar vacíos y líneas prioritarias de investigación. Con ello se busca contribuir a la consolidación de un marco integrador del rendimiento físico desde una perspectiva neurocognitiva con implicaciones aplicadas para el deporte y la recreación.

## Método

La investigación se desarrolló como una revisión sistemática de la literatura, orientada a identificar, evaluar críticamente y sintetizar la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre marcadores neurocognitivos asociados al rendimiento en el deporte y la recreación. Este tipo de estudio se fundamenta en procedimientos explícitos, transparentes y reproducibles, permitiendo integrar resultados heterogéneos y ofrecer una visión estructurada del estado del conocimiento en un campo emergente (Bisquerra, 2009).

Desde el punto de vista metodológico, la revisión adoptó un enfoque analítico-narrativo, descartándose la realización de un metaanálisis debido a la elevada heterogeneidad conceptual, metodológica y técnica de los estudios incluidos, particularmente en cuanto a diseños experimentales, variables dependientes, paradigmas cognitivos y técnicas neurocientíficas empleadas (EEG, ERP, fNIRS, fMRI, neurofeedback). En este sentido, el estudio no se define como exploratorio-correlacional, dado que las revisiones sistemáticas no establecen relaciones estadísticas primarias entre variables, sino que sintetizan relaciones previamente reportadas en la literatura secundaria (Hernández et al., 2014).

El diseño fue documental, no experimental y transversal, ya que se analizaron exclusivamente datos secundarios provenientes de investigaciones publicadas en un periodo temporal delimitado (2020–2025), sin manipulación de variables ni intervención directa sobre participantes.

Registro del protocolo y directrices metodológicas

El protocolo de la revisión no fue preregistrado en plataformas como PROSPERO, debido a que el estudio no incluyó intervenciones clínicas ni comparaciones terapéuticas. No obstante, el proceso metodológico se diseñó a priori, siguiendo las directrices PRISMA 2020, con el fin de minimizar sesgos de selección, garantizar la transparencia del procedimiento y asegurar la trazabilidad de las decisiones metodológicas.

## Participantes

### *Fuentes de información y estrategia de búsqueda*

La búsqueda sistemática se realizó en las bases de datos Scopus, Web of Science, PubMed, ScienceDirect y Frontiers, seleccionadas por su rigor editorial y cobertura multidisciplinaria en neurociencia, deporte y actividad física.

Se emplearon cadenas de búsqueda estructuradas, adaptadas a las particularidades de cada base de datos. A modo de ejemplo, la estrategia general utilizada fue:

- ("neurocognitive markers" OR EEG OR ERP OR fNIRS OR fMRI OR neurofeedback) AND
- ("sport performance" OR "physical activity" OR recreation)

Las búsquedas se realizaron en los campos de título, resumen y palabras clave. Se aplicaron los siguientes filtros:

- Periodo de publicación: 2020–2025;
- Idioma: inglés y español;
- Tipo de documento: artículos empíricos y revisiones sistemáticas;

- Acceso a texto completo.

Las cadenas fueron ajustadas sintácticamente según los tesauros y operadores específicos de cada base de datos, garantizando la exhaustividad y reproducibilidad del proceso.

### ***Proceso de selección de estudios***

El proceso de selección se desarrolló en cuatro fases, conforme al modelo PRISMA:

- Identificación: se recuperaron inicialmente 412 registros en las bases de datos seleccionadas.
- Cribado: tras la eliminación de 86 duplicados, se evaluaron 326 títulos y resúmenes, excluyéndose 249 por no cumplir los criterios temáticos o metodológicos.
- Elegibilidad: se analizaron 77 textos completos; de estos, 57 fueron excluidos por no utilizar técnicas neurocientíficas directas, no vincular los marcadores al rendimiento o no ajustarse al periodo temporal definido.
- Inclusión: finalmente, 20 estudios cumplieron todos los criterios y fueron incorporados a la síntesis cualitativa.

Este proceso se documentó mediante un diagrama de flujo PRISMA, que detalla el número de registros identificados, excluidos y finalmente incluidos en la síntesis.

La revisión fue realizada por dos revisores independientes. Las discrepancias se resolvieron mediante consenso; cuando fue necesario, se recurrió a una tercera instancia de discusión, reduciendo el riesgo de sesgo de selección.

### ***Criterios de inclusión y exclusión***

- Criterios de inclusión: Estudios publicados entre 2020 y 2025, investigaciones empíricas o revisiones sistemáticas que analizaran marcadores neurocognitivos asociados al rendimiento deportivo o recreativo, uso explícito de técnicas neurocientíficas, definido como la aplicación directa de métodos como EEG, ERP, fNIRS, fMRI o neurofeedback para medir actividad cerebral durante tareas motoras o cognitivas relacionadas con el rendimiento, publicaciones en revistas arbitradas e indexadas, disponibilidad de texto completo en inglés o español. En estudios que utilizaron múltiples técnicas neurocientíficas, se incluyeron todos los marcadores reportados, registrándose de manera diferenciada en la extracción de datos.
- Criterios de exclusión: Publicaciones anteriores a 2020, estudios centrados exclusivamente en variables fisiológicas o biomecánicas sin medición neurocognitiva, editoriales, opiniones, resúmenes de congresos o literatura gris sin revisión por pares, investigaciones clínicas desvinculadas del rendimiento físico o la actividad recreativa.

### ***Evaluación de la calidad metodológica***

La calidad metodológica de los estudios incluidos fue evaluada mediante herramientas estandarizadas según el tipo de diseño. Para estudios observacionales se utilizó la lista de verificación STROBE; para estudios experimentales, la escala PEDro; y para revisiones sistemáticas, la herramienta AMSTAR-2.

Se consideraron criterios como claridad del objetivo, adecuación del diseño, descripción de la muestra, validez y confiabilidad de los instrumentos, control de sesgos, consistencia analítica y coherencia entre resultados y conclusiones. Cada estudio fue evaluado de manera independiente por dos revisores, asignando niveles de calidad (alta, moderada o baja) según el cumplimiento de los ítems correspondientes. Esta valoración permitió interpretar los hallazgos a la luz de su solidez metodológica y ponderar el peso relativo de la evidencia sintetizada.

### ***Extracción de datos y matriz de análisis***

La extracción de datos se realizó mediante una matriz de análisis documental estructurada, que incluyó: autores, año, país, objetivo, diseño del estudio, muestra, técnica neurocognitiva, marcadores analizados, dimensiones del rendimiento evaluadas y principales resultados. La extracción fue realizada por duplicado, resolviendo discrepancias mediante consenso, lo que fortaleció la confiabilidad del proceso.

La Tabla 1 cumple una función descriptiva de caracterización de la muestra y no se considera un instrumento analítico en sí mismo.

Tabla 1. Distribución general de la muestra

Característica	Descripción
Periodo de publicación	2020-2025
Tipo de estudios	Empíricos cuantitativos y revisiones
Técnicas neurocognitivas	EEG/ERP, fNIRS, fMRI, neurofeedback
Contexto	Deporte competitivo y recreación/actividad física
Poblaciones analizadas	Atletas de élite, atletas universitarios, practicantes recreativos

La muestra final estuvo compuesta por 20 estudios, resultado del cumplimiento estricto de los criterios de inclusión. Aunque numéricamente acotada, esta muestra se considera representativa del período analizado debido a la especificidad temática, la exigencia técnica de los métodos neurocientíficos y la saturación conceptual observada en los hallazgos, lo que permitió identificar patrones recurrentes y vacíos consistentes en la literatura.

### **Análisis de datos**

El análisis se desarrolló en tres niveles:

- Análisis descriptivo, considerando distribución temporal, técnicas empleadas y contextos de aplicación.
- Análisis categorial y comparativo, agrupando los hallazgos según tipos de marcadores neurocognitivos y dimensiones del rendimiento (toma de decisiones, anticipación motora, control ejecutivo, eficiencia atencional).
- Síntesis narrativa integradora, orientada a identificar convergencias, divergencias y vacíos de conocimiento.

La ausencia de análisis estadístico se justifica por la heterogeneidad metodológica de los estudios revisados, lo que limita la agregación cuantitativa. En este contexto, la síntesis narrativa constituye una estrategia metodológicamente válida para la interpretación de tendencias y la construcción de marcos conceptuales integradores (Bisquerra, 2009; Hernández et al., 2014).

## **Resultados**

La presentación de los resultados se organiza en cinco apartados:

- a) Caracterización general de la producción científica;
- b) Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo;
- c) Identificación de los principales marcadores neurocognitivos;
- d) Síntesis estructurada de la relación entre marcadores neurocognitivos y dimensiones del rendimiento; y
- e) Análisis de la heterogeneidad metodológica y vacíos de conocimiento.

### **Caracterización general de los estudios incluidos**

El análisis de los 20 estudios incluidos evidencia un crecimiento sostenido de la producción científica entre 2020 y 2025, con una concentración marcada en los últimos tres años, lo que confirma el carácter emergente del campo.

Tabla 2. Distribución de los estudios por año de publicación

Año	Número de estudios	Porcentaje
2020	1	5 %
2021	2	10 %
2022	2	10 %

2023	3	15 %
2024	7	35 %
2025	5	25 %
Total	20	100 %

El 60 % de los estudios fue publicado entre 2024 y 2025, lo que respalda la pertinencia temporal de la revisión y su alineación con el objetivo de sintetizar evidencia reciente.

En cuanto al contexto de aplicación, predomina el deporte competitivo, aunque una proporción relevante de investigaciones incorpora la actividad física recreativa.

Tabla 3. Contexto de los estudios analizados

Contexto	Número de estudios	Porcentaje
Deporte competitivo	13	65 %
Recreación / actividad física	7	35 %

### ***Evaluación de la calidad metodológica y riesgo de sesgo***

La evaluación de la calidad metodológica reveló variabilidad sustantiva entre los estudios incluidos. Doce estudios presentaron calidad metodológica moderada a alta, caracterizada por objetivos claramente definidos, uso adecuado de técnicas neurocientíficas y coherencia entre resultados y conclusiones. Ocho estudios mostraron limitaciones, principalmente relacionadas con tamaños muestrales reducidos, ausencia de grupos de comparación o escaso control de variables contextuales.

Esta valoración permitió ponderar la evidencia durante la síntesis, evitando tratar los estudios como metodológicamente equivalentes y reduciendo el riesgo de conclusiones sobregeneralizadas.

### ***Identificación de los principales marcadores neurocognitivos***

En relación con el primer objetivo específico, se identificaron las técnicas neurocognitivas empleadas, observándose un claro predominio de métodos electrofisiológicos.

Tabla 4. Técnicas neurocognitivas utilizadas

Técnica	Número de estudios	Porcentaje
EEG / ERP	12	60 %
fNIRS	3	15 %
fMRI	3	15 %
Neurofeedback (EEG)	2	10 %
Total	20	100 %

Los estudios basados en EEG/ERP reportan principalmente potencia en bandas alfa y theta, coherencia funcional y componentes P300 y N200. Las investigaciones con fNIRS y fMRI se centran en la activación y conectividad de regiones prefrontales y parietales asociadas al control ejecutivo y la anticipación motora.

### ***Relación entre marcadores neurocognitivos y dimensiones del rendimiento***

En correspondencia con el segundo objetivo específico, la síntesis narrativa permitió identificar patrones recurrentes, aunque no uniformes, entre marcadores neurocognitivos y dimensiones del rendimiento. Estas relaciones se organizaron en cuatro categorías analíticas.

Tabla 5. Marcadores neurocognitivos y dimensiones del rendimiento (síntesis estructurada)

Dimensión del rendimiento	Marcadores asociados	Evidencia observada
Eficiencia neural	Reducción de activación cortical, modulación alfa	Reportada en 9 de 12 estudios EEG/fMRI
Toma de decisiones	P300, N200, activación prefrontal	Latencias menores en 8 estudios
Control ejecutivo	Oscilaciones theta, conectividad frontal	Mejora observada en 6 estudios
Rendimiento sostenido	Estabilidad EEG, neurofeedback	Evidencia moderada en 4 estudios

La eficiencia neural fue el patrón más consistente, observándose en nueve estudios con diseños comparativos, principalmente en atletas expertos, quienes mostraron menor activación cortical para tareas equivalentes. No obstante, la magnitud de este efecto varió según la disciplina deportiva y el tipo de tarea cognitiva.

En la toma de decisiones y anticipación, ocho estudios reportaron latencias ERP más cortas y respuestas motoras más rápidas en atletas expertos, especialmente en deportes de equipo. Sin embargo, la dirección de la relación fue predominantemente comparativa, no causal.

Respecto al control ejecutivo, seis estudios, incluidos contextos recreativos, mostraron asociaciones entre actividad física regular y mejor regulación cognitiva. Estos hallazgos fueron más consistentes en estudios longitudinales de corta duración.

Finalmente, la evidencia sobre rendimiento sostenido y neurofeedback fue limitada y heterogénea, con resultados positivos reportados en cuatro estudios, pero con variabilidad en protocolos y duración de las intervenciones.

### ***Heterogeneidad metodológica y vacíos de conocimiento***

El análisis metodológico evidenció una heterogeneidad sustancial en diseños, muestras, instrumentos y contextos de aplicación.

Tabla 6. Características metodológicas predominantes

Característica	Tendencia
Diseño	No experimental / cuasi-experimental
Tamaño muestral	Pequeño a moderado
Contexto	Laboratorio y tareas simuladas
Tipo de análisis	Descriptivo y comparativo

Esta heterogeneidad limita la comparabilidad directa entre estudios y condiciona la interpretabilidad de los hallazgos, lo que refuerza la pertinencia de una síntesis narrativa estructurada. Asimismo, se identificó una subrepresentación de estudios longitudinales, contextos recreativos y análisis integrados que combinen marcadores neurocognitivos con variables psicosociales y contextuales.

## **Discusión**

Los resultados de la presente revisión sistemática permiten analizar de manera crítica el papel de los marcadores neurocognitivos en el rendimiento deportivo y recreativo, evidenciando tanto patrones recurrentes como divergencias relevantes entre los estudios incluidos. En conjunto, la evidencia confirma que el desempeño físico se asocia a procesos neurocognitivos específicos; sin embargo, dicha asociación no es uniforme ni lineal, sino dependiente del contexto, del tipo de marcador, del diseño metodológico y del nivel de expertise de las poblaciones estudiadas.

En relación con la eficiencia neural, la alta prevalencia de estudios basados en EEG y ERP muestra que la reducción de la activación cortical asociada a un mayor rendimiento constituye uno de los hallazgos más frecuentes en la literatura reciente. Este patrón ha sido documentado en atletas expertos mediante distintas técnicas (Fang et al., 2022; Li & Smith, 2021; Zhang et al., 2024), sugiriendo una optimización funcional del sistema nervioso central como resultado del entrenamiento prolongado. No obstante, la revisión también identifica estudios en los que este efecto no se manifiesta de manera significativa, particularmente en practicantes recreativos o en tareas de baja demanda cognitiva (Ball, 2022; Li et al., 2025). Estas discrepancias indican que la eficiencia neural no puede considerarse un marcador universal, sino un fenómeno modulable por la complejidad de la tarea, la disciplina deportiva y el nivel de especialización.

Respecto a la modulación de las bandas alfa y theta, los resultados muestran asociaciones recurrentes con la atención sostenida, el control cognitivo y la estabilidad del rendimiento. Estudios como los de Zhou et al. (2024) y Kanatschnig et al. (2025) sugieren que una regulación más eficiente de estas oscilaciones se vincula con una mejor gestión de las demandas cognitivas en contextos de alta exigencia. Sin

embargo, la magnitud de estas asociaciones varía considerablemente entre estudios, lo que puede atribuirse a diferencias en los paradigmas experimentales, en los métodos de análisis espectral y en las condiciones de medición, limitando la posibilidad de establecer comparaciones directas o inferencias generalizables.

En el ámbito de la toma de decisiones y la anticipación motora, los resultados basados en ERP indican que los componentes P300 y N200 se asocian con un procesamiento más rápido y selectivo de la información relevante en atletas con mayor rendimiento (Feng & Li, 2021; Ji et al., 2023; Veliks et al., 2024). No obstante, la revisión también revela hallazgos contradictorios, en los que estas diferencias no se replican o se presentan con menor intensidad, especialmente en estudios con muestras reducidas o diseños transversales. Estas divergencias sugieren que los ERP reflejan procesos sensibles al contexto y al diseño experimental, más que marcadores estables del rendimiento per se.

La evidencia procedente de estudios con fNIRS y fMRI refuerza el papel de la corteza prefrontal y de las redes frontoparietales en el control ejecutivo y la planificación motora, donde investigaciones como las de Schmaderer et al. (2023) y Zhang et al. (2024) muestran una activación más focalizada y una conectividad funcional optimizada en atletas expertos, lo que puede interpretarse como un mecanismo neurobiológico de eficiencia cognitiva. Sin embargo, la mayoría de los estudios no evalúa de forma directa los cambios estructurales o sinápticos subyacentes, lo que impide formular modelos causales testables que expliquen cómo la práctica física sostenida induce estas adaptaciones, tal como advierten Zhou et al. (2024) y Xie et al. (2025).

La inclusión de estudios centrados en recreación y actividad física no competitiva amplía el alcance interpretativo de los resultados, mostrando que las asociaciones neurocognitivas no se limitan al deporte de élite. Los hallazgos de Ball (2022) y Li et al. (2025) indican mejoras en funciones ejecutivas y control inhibitorio en practicantes recreativos; sin embargo, estas relaciones son predominantemente correlacionales y presentan una elevada variabilidad interindividual. En consecuencia, los posibles efectos sobre el bienestar cognitivo o el desempeño cotidiano deben interpretarse como asociaciones contextuales y no como evidencias causales directas.

En cuanto a las intervenciones basadas en neurofeedback, los resultados muestran una evidencia mixta, donde mientras algunas investigaciones reportan mejoras en la autorregulación atencional y la consistencia del rendimiento (Cheng et al., 2024; Zacarias et al., 2025), otros estudios no encuentran efectos significativos o señalan una alta dependencia de los protocolos empleados. Esta heterogeneidad, ya señalada por Morrone y Pedlar (2024), limita la extrapolación de los resultados y subraya la necesidad de estudios controlados con diseños comparables.

Desde una perspectiva metodológica, los resultados confirman la heterogeneidad de diseños, muestras e instrumentos descrita por DeCouto et al. (2024) y Morrone y Pedlar (2024). A esta diversidad se suman las limitaciones propias de la presente revisión, entre ellas el número acotado de estudios incluidos, la ausencia de metaanálisis y la dependencia de literatura publicada en revistas indexadas, lo que puede haber restringido la representatividad de la evidencia y favorecido un sesgo de publicación. Asimismo, aunque se incorporó una valoración de la calidad metodológica, la variabilidad de los diseños impidió una estandarización exhaustiva de dicha evaluación.

La identificación de vacíos de conocimiento constituye uno de los aportes centrales de esta revisión. La subrepresentación de estudios longitudinales y la escasa atención a contextos recreativos específicos coinciden con lo señalado por Chmiel y Nadobnik (2025). Además, la limitada integración de variables emocionales, sociales y contextuales con los marcadores neurocognitivos, pese a su relevancia destacada por Xie et al. (2025), restringe el desarrollo de modelos explicativos integrales del rendimiento humano.

En términos teóricos, los resultados respaldan los modelos de cognición incorporada y neuroplasticidad inducida por el ejercicio, al evidenciar que la práctica física sostenida se asocia con adaptaciones funcionales medibles en el cerebro. No obstante, la revisión pone de manifiesto que estos modelos requieren ser operacionalizados mediante diseños experimentales y longitudinales que permitan contrastar hipótesis causales explícitas.

## Conclusiones

La presente revisión sistemática permitió analizar y sintetizar de manera crítica la evidencia científica publicada entre 2020 y 2025 sobre los marcadores neurocognitivos asociados al rendimiento en el deporte y la recreación. A partir de una síntesis narrativa estructurada, el estudio aportó una visión actualizada del campo, identificando patrones recurrentes, divergencias metodológicas y vacíos de conocimiento que caracterizan la investigación reciente en este ámbito.

En relación con el primer objetivo específico, se concluye que la investigación contemporánea se apoya predominantemente en técnicas electrofisiológicas, especialmente EEG y ERP, complementadas en menor medida por fNIRS y fMRI. Estas herramientas han permitido describir marcadores vinculados a procesos como la eficiencia neural, la atención y el control ejecutivo. No obstante, su uso se ha visto condicionado por una elevada variabilidad en paradigmas experimentales y contextos de aplicación, lo que limita la comparabilidad directa entre estudios.

Respecto al segundo objetivo específico, la revisión evidencia que determinados marcadores neurocognitivos se asocian de forma recurrente con dimensiones del rendimiento como la toma de decisiones, la anticipación motora, el control ejecutivo y la estabilidad del desempeño. Sin embargo, dichas asociaciones deben interpretarse como relaciones predominantemente correlacionales y contextuales, ya que la magnitud y dirección de los efectos varían según el tipo de práctica física, el nivel de expertise y el diseño metodológico de los estudios. En este sentido, no es posible establecer inferencias causales sólidas a partir de la evidencia disponible.

En cuanto al tercer objetivo específico, se concluye que las tendencias metodológicas del campo se caracterizan por el predominio de diseños no experimentales o cuasi-experimentales, tamaños muestrales limitados y una notable heterogeneidad en instrumentos, técnicas y variables analizadas. Estas características justifican la adopción de una síntesis narrativa y ponen de manifiesto la escasez de estudios longitudinales y comparativos que permitan evaluar la evolución temporal de los marcadores neurocognitivos y su relación con el rendimiento.

Desde una perspectiva integradora, la revisión confirma que el rendimiento en el deporte y la recreación no puede ser comprendido exclusivamente a partir de variables físicas o técnicas, sino que involucra procesos neurocognitivos medibles. No obstante, la evidencia analizada también muestra que estos procesos no operan de manera uniforme ni universal, sino que están modulados por factores individuales, contextuales y metodológicos, lo que exige interpretaciones prudentes y contextualizadas.

En términos de alcance y validez, se reconoce que la presente revisión presenta limitaciones inherentes, entre ellas el número acotado de estudios incluidos, la ausencia de metaanálisis y la dependencia de literatura publicada en revistas indexadas, lo que puede restringir la generalización de los hallazgos y la certeza global de la evidencia sintetizada. Estas limitaciones no invalidan los resultados, pero delimitan claramente su alcance interpretativo.

Finalmente, los hallazgos de esta revisión ofrecen orientaciones preliminares, más que aplicaciones directas, para el diseño de programas de entrenamiento y actividad física que consideren dimensiones neurocognitivas. Asimismo, se destaca la necesidad de que futuras investigaciones adopten diseños longitudinales y experimentales, incorporen poblaciones recreativas diversas e integren variables contextuales, emocionales y sociales, con el fin de avanzar hacia modelos causales explícitos que expliquen de manera más robusta la relación entre actividad física, cerebro y rendimiento.

## Referencias

- Ball, J. (2022). Special Section: Relationships Between Executive Function and Sports / Exercise. *Perceptual and Motor Skills*, 129(4), 969–976. <https://doi.org/10.1177/00315125221108550>
- Bisquerra, R. (2009). *Metodología de la investigación educativa (2ª ed.)*. Editorial La Muralla
- Chen, J., Kwok, A., & Li, Y. (2024). Postural control and cognitive flexibility in skilled athletes: Insights from dual-task performance and event-related potentials. *Brain Research Bulletin*, 212. <https://doi.org/10.1016/j.brainresbull.2024.110957>



- Cheng, M., Yu, C., An, X., Wang, L., Tsai, C., Qi, F., & Wang, K. (2024). Evaluating EEG neurofeedback in sport psychology: a systematic review of RCT studies for insights into mechanisms and performance improvement. *Frontiers in Psychology, 15*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1331997>
- Chmiel, J., & Nadobnik, J. (2025). Application of Electroencephalography (EEG) in Combat Sports—Review of Findings, Perspectives, and Limitations. *Journal of Clinical Medicine, 14*(12), 4113. <https://doi.org/10.3390/jcm14124113>
- Decouto, B., Bilalic, M., & Williams, A. (2024). Neuroimaging and perceptual-cognitive expertise in sport: A narrative review of research and future directions. *Neuropsychologia, 205*. <https://doi.org/10.1016/j.neuropsychologia.2024.109032>
- Fang, Q., Fang, C., Li, L., & Song, Y. (2022). Impact of sport training on adaptations in neural functioning and behavioral performance: A scoping review with meta-analysis on EEG research. *Journal of Exercise Science & Fitness, 20*(3), 206-215. <https://doi.org/10.1016/j.jesf.2022.04.001>
- Feng, T., & Li, Y. (2021). The Time Course of Event-Related Brain Potentials in Athletes' Mental Rotation With Different Spatial Transformations. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 15*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.675446>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación (6ª ed.)*. McGraw-Hill.
- Ji, Q., Zhou, C., & Wang, Y. (2023). Influence of conflicting prior information on action anticipation in soccer players: an ERP study. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 17*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1320900>
- Kanatschnig, T., Schrapf, N., Leitner, L., Wood, G., Körner, C., Tilp, M., & Kober, S. (2025). EEG theta and alpha oscillations during tactical decision-making: An examination of the neural efficiency hypothesis in volleyball. *PLoS ONE, 20*(2). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0318234>
- Liu, J., Liu, Y., & Wu, L. (2024). Exploring the dynamics of prefrontal cortex in the interaction between orienteering experience and cognitive performance by fNIRS. *Scientific Reports, 14*(14918). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-65747-1>
- Li, L., & Smith, D. (2021). Neural Efficiency in Athletes: A Systematic Review. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 15*. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2021.698555>
- Li, R., Chen, T., Gilson, N., Brazaitis, M., Cheng, Y., Wu, H., Lee, J., & Chang, Y. (2025). Acute Concurrent Exercise Improves Inhibitory Control Without Mediating the Role of Lactate: An Event-Related Potential Study. *Sports Medicine – Open, 11*(12). <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00809-2>
- Morrone, J., & Pedlar, C. (2024). EEG-based neurophysiological indices for expert psychomotor performance – a review. *Brain and Cognition, 175*. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2024.106132>
- Pettersen, S., Aslaksen, P., & Pettersen, S. (2020). Pain Processing in Elite and High-Level Athletes Compared to Non-athletes. *Frontiers in Psychology, 11*. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2020.01908>
- Schmaderer, L., Meyer, M., Reer, R., & Schumacher, N. (2023). What happens in the prefrontal cortex? Cognitive processing of novel and familiar stimuli in soccer: An exploratory fNIRS study. *European Journal of Sport Science, 23*(12), 2389–2399. <https://doi.org/10.1080/17461391.2023.2238699>
- Veliks, V., Talents, D., Fernate, A., Evelis, K., & Kolesovs, A. (2024). Neural activation patterns in open-skilled and closed-skilled athletes during motor response tasks: insights from ERP analysis. *Frontiers in Sports and Active Living, 6*. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1476210>
- Xie, N., Zhang, X., & Lu, C. (2025). An exploratory framework for EEG-based monitoring of motivation and performance in athletic-like scenarios. *Science Reports, 15*(26156). <https://doi.org/10.1038/s41598-025-05420-3>
- Zacarias, R., Bulathwatta, D., Bidzan-Bluma, I., De Jesus, S., & Correia, J. (2025). EEG-Based Neurofeedback in Athletes and Non-Athletes: A Scoping Review of Outcomes and Methodologies. *Bioengineering, 12*(11), 1202. <https://doi.org/10.3390/bioengineering12111202>
- Zhang, J., Zhu, P., Cai, Z., Xing, X., Wu, J., Zheng, M., Hua, X., Gong, B., & Xu, J. (2024) Sports promote brain evolution: a resting-state fMRI study of volleyball athlete. *Frontiers in Sports and Active Living, 6*. <https://doi.org/10.3389/fspor.2024.1393988>
- Zhou, Z., Xu, H., Sun, Y., & Liu, G. (2024). The Electroencephalogram (EEG) Study for Estimating Endurance Sports Performance Base on Eigenvalues Extraction Method. *Brain Sciences, 14*(11), 1135. <https://doi.org/10.3390/brainsci14111135>

## Datos de los/as autores/as y traductor/a:

Karla Yaritza Belduma Cabrera  
Angie Celine Morocho Idrovo  
Esteban David Quezada Ochoa  
Conny Nathaly Morocho Idrovo

kbelduma4043@upse.edu.ec  
morochoidrovoangieceline@gmail.com  
esteban.quezada@educacion.gob.ec  
conny.morocho@educacion.gob.ec

Autor/a  
Autor/a  
Autor/a  
Autor/a