

# Indicadores de rendimiento cognitivo y madurativos en tenistas alevines: un estudio piloto

Cognitive and maturational performance indicators in under-12 tennis players: a pilot study

Ilian Guillamón Chumillas<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Grupo de investigación HUMSE (Human Movement and Sport Science). Universidad de Murcia, España.

## Resumen

Las funciones ejecutivas y la maduración biológica son factores clave en la detección y desarrollo del talento deportivo, especialmente en disciplinas como el tenis que exigen alta demanda cognitiva. Este estudio piloto tuvo como objetivo analizar la relación entre el perfil ejecutivo, la etapa madurativa y el rendimiento competitivo en tenistas alevines. Participaron ocho jugadores masculinos federados (11–12 años), con una media de estatura de 151,6 cm, peso de 41,8 kg y seis horas semanales de entrenamiento. Se administraron pruebas cognitivas validadas para evaluar inhibición (Flanker), memoria de trabajo (N-back), flexibilidad cognitiva (P-Trails) y capacidad predictiva (test de anticipación), además de un cálculo indirecto para estimar el grado de maduración biológica. El rendimiento se evaluó en función de los juegos y partidos ganados en una competición simulada. Los jugadores con mejores resultados deportivos mostraron mayor precisión en tareas de inhibición, aunque con tiempos de respuesta más lentos, lo que sugiere un procesamiento más deliberado. En el test N-back1, registraron respuestas un 11,9 % más rápidas y un 2,1 % más precisas, y en el N-back2, un 17,2 % más rápidas y un 1,3 % más precisas. La flexibilidad cognitiva no mostró diferencias significativas entre grupos. En cambio, la capacidad predictiva fue superior en los jugadores con mayor rendimiento (52,5 % de aciertos frente al 45 %). Además, los maduradores tempranos tendieron a destacar en los resultados deportivos. En conjunto, los hallazgos indican que tanto el perfil ejecutivo como la maduración biológica influyen de forma relevante en el rendimiento en etapas de formación. La inclusión de estos indicadores en los procesos de detección de talento podría mejorar la equidad competitiva, favorecer el desarrollo integral del deportista y contribuir a prevenir el abandono prematuro del deporte en edades tempranas.

**Palabras clave:** Funciones ejecutivas, etapa madurativa, jóvenes tenistas, indicadores de rendimiento, detección de talento.

## Abstract

Executive functions and biological maturation are key factors in the detection and development of sports talent, particularly in disciplines such as tennis, which demand high cognitive involvement. This pilot study aimed to analyse the relationship between executive profile, maturational stage and competitive performance in under-12 male tennis players. Eight federated players (aged 11–12), with a mean height of 151.6 cm, weight of 41.8 kg and six hours of weekly training, participated in the study. Validated cognitive tests were used to assess inhibition (Flanker), working memory (N-back), cognitive flexibility (P-Trails) and predictive ability (anticipation test), alongside an indirect calculation of biological maturation. Competitive performance was measured through games and matches won in a simulated tournament. Players with better sports outcomes showed greater accuracy in inhibition tasks, although with slower response times, suggesting more deliberate processing. In the N-back1 test, these players recorded responses 11.9% faster and 2.1% more accurate; in the N-back2 test, response times were 17.2% faster with 1.3% greater accuracy. Cognitive flexibility showed no significant differences between groups, while predictive ability was higher among top-performing players (52.5% vs. 45% accuracy). Early maturers also tended to achieve better competitive results. Overall, the findings indicate that both executive functioning and biological maturation play a relevant role in performance during developmental stages. The inclusion of these indicators in talent identification processes may enhance competitive fairness, support the holistic development of young athletes, and help reduce the risk of early dropout from sport.

**Keywords:** Executive functions, maturational stage, young tennis players, performance indicators, talent identification.

\* Autor de correspondencia: Ilian Guillamón Chumillas, [Ilian.g.c@um.es](mailto:Ilian.g.c@um.es)

Recibido: Mayo 5, 2025

Aceptado: Octubre 17, 2025

Publicado: Diciembre 31, 2025

**Cómo citar:** Guillamón Chumillas, I. (2025). Indicadores de rendimiento cognitivo y madurativos en tenistas alevines: un estudio piloto. *JUMP*, 12, 28-45. <https://doi.org/10.17651/jump.n12.9654>

This is an open access article under the [CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/) license

E-ISSN: 2695-6713

DOI: [10.17651/jump.n12.9654](https://doi.org/10.17651/jump.n12.9654)

## 1. Introducción

La formación deportiva en edades tempranas ha estado tradicionalmente orientada al desarrollo de capacidades físicas, habilidades motoras y aspectos técnico-tácticos, dejando en segundo plano componentes clave como las funciones ejecutivas (FEs) y la maduración biológica (Kuroda et al., 2015; Farley et al., 2020). Sin embargo, los modelos de enseñanza-aprendizaje contemporáneos promueven un enfoque holístico que incluya estos factores cognitivos y madurativos como parte esencial del rendimiento (Silva et al., 2023).

Las funciones ejecutivas son procesos cognitivos superiores relacionados con la regulación del comportamiento dirigido a metas y el control del pensamiento, la conducta y las emociones (Diamond, 2013; Diamond, 2020; Santa-Cruz & Rosas, 2017). Estas habilidades comprenden la memoria de trabajo, el control inhibitorio, la flexibilidad cognitiva, la planificación, la toma de decisiones y la capacidad de predicción, entre otras (Cristofori et al., 2019). Todas ellas se encuentran mediadas principalmente por la corteza prefrontal (CPF), estructura cerebral dividida en regiones con funciones diferenciadas: dorsolateral, ventromedial y orbitofrontal (Goldberg, 2001; Gutiérrez & Ostrosky, 2011).

Cada subregión de la CPF interviene en procesos específicos. La dorsolateral participa en la memoria de trabajo, la planificación y la flexibilidad cognitiva (Panikratova et al., 2020), mientras que la porción medial se asocia a procesos metacognitivos como la autoevaluación (Stuss & Alexander, 2000). Por su parte, la CPF ventromedial está implicada en la inhibición conductual, la regulación emocional y el esfuerzo atencional (Badgaiyan & Posner, 1997; Sánchez, 2023), y la corteza orbitofrontal en la adaptación conductual y la toma de decisiones bajo incertidumbre (Stuss & Levine, 2002; Martínez & Van Tuylen Domínguez, 2021).

La evidencia indica que entre los 6 y 12 años se produce un desarrollo crítico de las FEs, particularmente en inhibición, memoria de trabajo, flexibilidad cognitiva y capacidad de predicción (Diamond, 2013; Miyake & Friedman, 2012). En el ámbito deportivo, estas habilidades permiten regular impulsos, gestionar la presión, tomar decisiones rápidas y ajustar tácticas en tiempo real (Anderson & Levy, 2009; Wang et al., 2013; Furley & Memmert, 2012). En el caso del tenis, los jugadores deben procesar información en fracciones de segundo, anticipar

acciones del oponente y adaptarse a un entorno cambiante, tareas directamente vinculadas al buen funcionamiento ejecutivo (Zelazo, 2020).

Por ejemplo, la inhibición permite al jugador controlar impulsos y mantener la atención en la acción relevante. La memoria de trabajo sostiene mentalmente patrones tácticos durante el punto. La flexibilidad cognitiva facilita cambios en la estrategia según evoluciona el juego. Finalmente, la capacidad predictiva es clave en deportes como el tenis, donde anticiparse a la dirección del golpe del rival puede marcar la diferencia (Varma et al., 2023; Williams & Jackson, 2019).

En deportes de raqueta, esta carga cognitiva es aún más crítica, ya que deben tomarse decisiones en milisegundos y con márgenes de error muy reducidos (Giménez-Egido et al., 2020). Así, los jugadores con mejor perfil ejecutivo tienden a mostrar mayor estabilidad, concentración, y control emocional (Kuroda et al., 2023). La formación de estas habilidades desde edades tempranas se considera fundamental para el desarrollo integral del deportista (Chen et al., 2021; Srinivas et al., 2021).

Pese a su importancia, las funciones ejecutivas no suelen incluirse en los procesos de detección de talento deportivo. Los criterios predominantes priorizan variables físicas, antropométricas y técnicas, sin considerar las diferencias madurativas ni cognitivas (Unierzyski, 2006; Johnston et al., 2017). Esto puede generar sesgos, dificultar el desarrollo de jóvenes con maduración tardía y provocar abandono prematuro, como refleja el descenso de licencias en categorías posteriores (RFET, 2023).

Por otra parte, el biobanding o maduración biológica se refiere al estado de desarrollo físico en relación con la pubertad y crecimiento, y no siempre coincide con la edad cronológica (Cumming et al., 2017). Esta variabilidad puede condicionar de forma significativa el rendimiento en edades formativas. Atletas con una maduración más avanzada suelen presentar ventajas en fuerza, velocidad y coordinación, lo que les da una posición ventajosa en competiciones y procesos selectivos (Arede et al., 2024).

En consecuencia, el rendimiento observado en estas edades puede no reflejar el verdadero potencial deportivo del individuo, sino estar condicionado por su grado de madurez. Esta situación refuerza la necesidad de utilizar indicadores más completos e integradores que incluyan tanto las variables físicas como las cognitivas y madurativas.

A pesar del creciente interés en este enfoque, todavía existe una escasez de estudios que analicen de forma conjunta el perfil ejecutivo y el estado madurativo de los deportistas, especialmente en contextos competitivos reales. Por esta razón incluir las funciones ejecutivas y la maduración biológica en la detección de talento permite una evaluación más justa y ajustada al desarrollo real de cada deportista, superando las limitaciones de los métodos centrados únicamente en la edad cronológica o el rendimiento físico.

El presente estudio responde a esta laguna en la literatura y tiene como objetivo analizar el perfil ejecutivo y la etapa madurativa de tenistas alevines en relación con su rendimiento competitivo. La investigación se enmarca en una competición simulada, lo que permite observar el comportamiento de los participantes en un contexto similar al real, donde intervienen tanto variables físicas como cognitivas.

El objetivo concreto es evaluar las funciones ejecutivas —capacidad de inhibición, memoria de trabajo, capacidad predictiva y flexibilidad cognitiva—, así como la etapa madurativa de los participantes, para identificar nuevos indicadores de rendimiento que puedan complementar los modelos actuales de detección de talento. Se parte de la hipótesis de que los jugadores con mayor maduración biológica obtendrán mejores resultados deportivos debido a su ventaja física y estructural, y que las funciones ejecutivas ejercerán una influencia relevante pero secundaria en esta etapa (Sabarit Peñalosa et al., 2022; Fernández-Fernández et al., 2023).

Los resultados de este estudio pueden aportar información valiosa para el rediseño de programas de formación y detección de talento, incorporando una mirada más inclusiva y centrada en el desarrollo integral del deportista. Así, se espera contribuir a una mayor equidad en la competición, reducir el abandono temprano del deporte y optimizar los procesos de enseñanza-aprendizaje en etapas formativas.

## 2. Metodología

El presente estudio empleó un diseño descriptivo de corte transversal, caracterizado por la medición y extracción de datos en un único momento temporal, permitiendo una fotografía puntual de las variables de interés. Todos los jugadores participaron de forma voluntaria, tras

recibir información detallada del procedimiento, firmando sus padres o tutores legales el correspondiente consentimiento informado. Este protocolo se diseñó siguiendo las directrices éticas de la Declaración de Helsinki y de la Declaración sobre Bioética y Derechos Humanos de la UNESCO, garantizando la protección de los derechos, bienestar y confidencialidad de los participantes en todo momento. Además, cuenta con el Comité de Ética de la Universidad de Murcia” (España) (ID 1925/2018).

La muestra estuvo compuesta por ocho tenistas masculinos federados en categoría alevín, con edades comprendidas entre 10 y 12 años. El promedio de estatura fue de 151,6 cm y el peso medio de 41,8 kg. Los participantes formaban parte de clubes de tenis reconocidos en la Región de Murcia: la Real Sociedad Club de Campo (El Palmar) y la Escuela de Tenis de las Torres de Cotillas. Todos ellos presentaban un nivel de juego similar y realizaban entrenamientos regulares de aproximadamente tres sesiones semanales de 120 minutos de duración. La selección de la muestra fue por conveniencia, dada la especificidad de los criterios de inclusión y la accesibilidad de los sujetos (Otzen y Manterola, 2017).

Para la asignación de grupos, se utilizó una clasificación basada en el rendimiento en competición: el Grupo AG, formado por los jugadores que obtuvieron un número de juegos ganados por encima de la mediana, y el Grupo BP, compuesto por aquellos que se situaron por debajo. Adicionalmente, se consideró el número de partidos ganados y se realizó una clasificación por etapa madurativa utilizando la “Biobanding Calculator” (Chávez, 2024), categorizando a los jugadores en maduración temprana, normal o tardía según su porcentaje de maduración. En la [Tabla 1](#) se recoge la distribución detallada de los jugadores según los juegos ganados, el número de partidos disputados y su etapa madurativa, así como la asignación final a cada uno de los grupos establecidos.

El instrumento principal para la evaluación de las funciones ejecutivas fue el software Psychology Experiment Building Language (PEBL) (Mueller y Piper, 2014), ampliamente validado y utilizado en investigaciones científicas. Este programa se instaló en ocho ordenadores portátiles, garantizando que cada participante trabajara de forma individual y simultánea. Se administraron cuatro pruebas específicas:

**Tabla 1.** Información de partidos, juegos ganados y etapa madurativa de los jugadores de los participantes

Juegos ganados	Partidos ganados	Partidos perdidos	Maduración	Grupo
9	0	2	Normal (82%)	BP
12	0	2	Normal (82%)	BP
15	1	1	Normal (85%)	BP
17	1	1	Temprana (87%)	BP
21	2	0	Temprana (87%)	AG
22(1)	0	2	Tardía (80%)	AG
22(2)	2	0	Normal (85%)	AG
24	2	0	Normal (85%)	AG

Nota: ( $\leq 80\%$  de maduración) maduración tardía, ( $81\% - 85\%$  de maduración) maduración normal y ( $86\% \geq$  de maduración) maduración temprana

1. Flanker Task (Eriksen & Eriksen, 1974): Evalúa la atención selectiva y la inhibición de respuestas automáticas ante estímulos distractores. Se analizó el tiempo medio de respuesta y la precisión de las respuestas.
2. N-back Test (Kane et al., 2007; Jaeggi et al., 2010): Mide la memoria de trabajo mediante tareas de 1-back y 2-back, donde los participantes deben identificar la repetición de estímulos (letras) presentados en la secuencia. Se registraron el tiempo medio de respuesta y la tasa de precisión.
3. P-Trails Test (Smith et al., 2008): Basado en el Trail Making Test (TMT), esta prueba evalúa la velocidad de procesamiento, la atención sostenida y la flexibilidad cognitiva. Incluye dos partes (A y B) donde los sujetos conectan números y letras secuencialmente. Se analizó la diferencia de tiempos entre ambas partes como indicador de flexibilidad cognitiva.
4. Test of Anticipation Skill Tennis Forehands (Smeeton et al., 2013): Vídeo-test validado que mide la capacidad predictiva de los jugadores ante gestos de golpeo en tenis. Se registró el porcentaje de aciertos en la predicción de la dirección de la pelota.

La etapa madurativa se determinó utilizando el "Biobanding Calculator", que combina medidas antropométricas de los jugadores y sus progenitores. Esta herramienta calcula el porcentaje de maduración, permitiendo clasificar a los deportistas en categorías de maduración temprana, normal o tardía.

El procedimiento se llevó a cabo durante tres jornadas consecutivas en las instalaciones de la Real Sociedad Club de Campo (El Palmar, Murcia). Durante el primer y segundo día, se realizaron las pruebas cognitivas. Los participantes fueron citados a las 17:00 horas y se dividieron aleatoriamente en dos grupos de cuatro jugadores cada uno. Para controlar efectos de orden y sesgo, el orden de realización de las pruebas fue invertido entre los grupos: el primer grupo realizaba inicialmente la prueba Flanker seguida del P-Trails, mientras que el segundo grupo comenzaba con el P-Trails seguido del Flanker. En la segunda jornada se repitió este esquema, aplicando las pruebas N-back y el test de anticipación.

La recogida de datos antropométricos se llevó a cabo al finalizar las pruebas cognitivas, utilizando un estadiómetro portátil (Tanita BF-522W). Las mediciones fueron realizadas siempre por el mismo evaluador experimentado para garantizar la fiabilidad del dato. Asimismo, se midió la altura de los progenitores para el cálculo del porcentaje madurativo. Las mediciones antropométricas fueron realizadas por un único evaluador con certificado ISAK Nivel 1, lo que garantiza la correcta aplicación de los protocolos internacionales de medición y refuerza la fiabilidad de los datos obtenidos.

En el tercer día, se celebró un torneo de tenis en formato reducido. Cada jugador disputó dos partidos, uno por la mañana y otro por la tarde, en las pistas de tierra batida del club. Se utilizó un sistema de competición que garantizaba la participación de todos los jugadores en ambas franjas horarias, facilitando así la recolección de datos estandarizados sobre el rendimiento competitivo (número de juegos ganados y partidos ganados).

El análisis estadístico de los datos fue de carácter descriptivo univariante. Para los test Flanker y N-back se calcularon las medias y desviaciones estándar de los tiempos de respuesta y la precisión de los participantes. En el test de anticipación se computó el porcentaje de acierto. Para el P-Trails, se calcularon los tiempos de ejecución en las partes A y B, así como la diferencia media entre ambas, utilizada como indicador de flexibilidad cognitiva. Los datos de maduración se procesaron con la hoja de cálculo "Biobanding Calculator". Todo el procesamiento y análisis estadístico

se realizó mediante Microsoft Excel (Microsoft® Excel® para Microsoft 365 MSO, versión 2405), complementado con procedimientos de control de calidad del dato mediante análisis exploratorio de valores atípicos y consistencia de las respuestas, siguiendo las recomendaciones de Field (2013).

Esta metodología permitió recoger una base de datos robusta y fiable que sirvió para el análisis posterior de la influencia de las funciones ejecutivas y la maduración biológica en el rendimiento competitivo de los jóvenes tenistas.

### 3. Resultados

En la siguiente Tabla 2, se observa los resultados de los grupos de jugadores divididos por partidos ganados.

En la Tabla 2 se observan tres grupos de jugadores diferentes: el Grupo de 2 partidos ganados está constituido por los jugadores que ganan: 21, 22(2) y 24 juegos (Madurador temprano, madurador normal y madurador normal), el Grupo de 1 partido ganado lo forman los jugadores con: 15 y 17 juegos ganados (Madurador temprano y madurador normal) y el Grupo con 0 partidos ganados consta de los jugadores con: 9, 12 y 22(1) (Madurador normal, madurador normal y madurador tardío).

En este apartado, se examinó el rendimiento de los dos grupos de jugadores, el Grupo AG que incluye a 2 maduradores normales, 1 temprano y 1 tardío, tienen un total de 6 partidos ganados,

2 partidos perdidos (partidos del madurador tardío) y 89 juegos ganados totales en el campeonato. Por otro lado, el Grupo BG incluye a 3 maduradores normales y uno temprano, tienen un total de 6 partidos perdidos, 2 partidos ganados y 53 juegos ganados totales en la competición.

En la siguiente Figura 1, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test Flanker, respecto a la media del tiempo de respuesta de todas las acciones de cada sujeto.

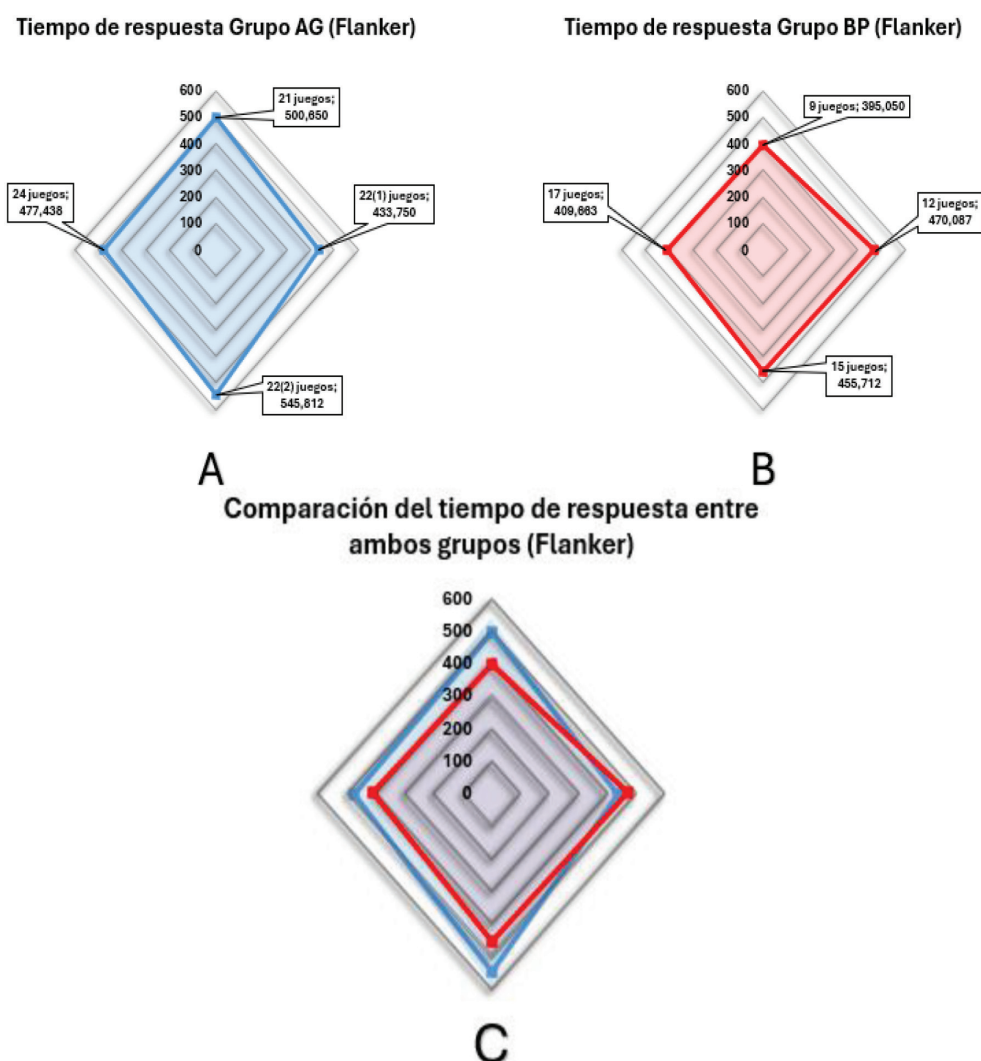
En la Gráfica A de la Figura 1 se representan los tiempos de respuesta obtenidos en el test Flanker por los jugadores del Grupo AG, con una media de 489,41 ms, una desviación típica de 46,72 ms, un valor máximo de 545,81 ms y un mínimo de 433,75 ms. La Gráfica B muestra los resultados del mismo test para los jugadores del Grupo BP, cuya media es 432,62 ms, con una desviación típica de 35,94 ms, un valor máximo de 470,09 ms y un mínimo de 395,05 ms. Por último, en la Gráfica C, se visualiza una superposición de áreas: el área roja representa al Grupo BP y el área azul al Grupo AG. La menor extensión del área roja respecto a la azul indica que el Grupo BP presenta tiempos de respuesta más rápidos en comparación con el Grupo AG.

En la siguiente Figura 2, se incluyen tres gráficas que muestran los resultados obtenidos en el test Flanker, específicamente en relación con la media de precisión de las acciones realizadas de cada sujeto.

**Tabla 2.** Estadísticas agrupadas por partidos ganados

	Flanker		P-trails		NBack1		Nback2		Test Predicción
	TR	P	DTR	DP	TR	P	TR	P	% Acierto
	M	M	M	M	M	M	M	M	M
	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT	DT
<b>Grupo 2 partidos ganados</b>	507,970	0,967	18829,800	0,056	581,670	0,904	814,24	0,893	53,330
	34,770	0,026	2944,700	0,059	127,750	0,126	229,63	0,094	20,820
<b>Grupo 1 partido ganados</b>	432,690	0,975	7898,000	0,016	491,170	0,952	818,950	0,931	45,000
	32,560	0,012	5603,470	0,045	127,750	0,067	558,420	0,032	21,210
<b>Grupo 0 partidos ganados</b>	432,960	0,950	19454,700	0,097	643,070	0,920	775,210	0,863	46,670
	37,540	0,025	9992,1200	0,044	188,380	0,140	295,650	0,120	15,280
Nota: (TR) Tiempo de respuesta en milisegundos, (P) Precisión, (DTR) Diferencia tiempo de respuesta en milisegundos, (DP) Diferencia de precisión, (M) Media, (DT) Desviación típica									





**Figura 1.** (A) Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Flanker del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Flanker del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación del tiempo de respuesta entre ambos grupos

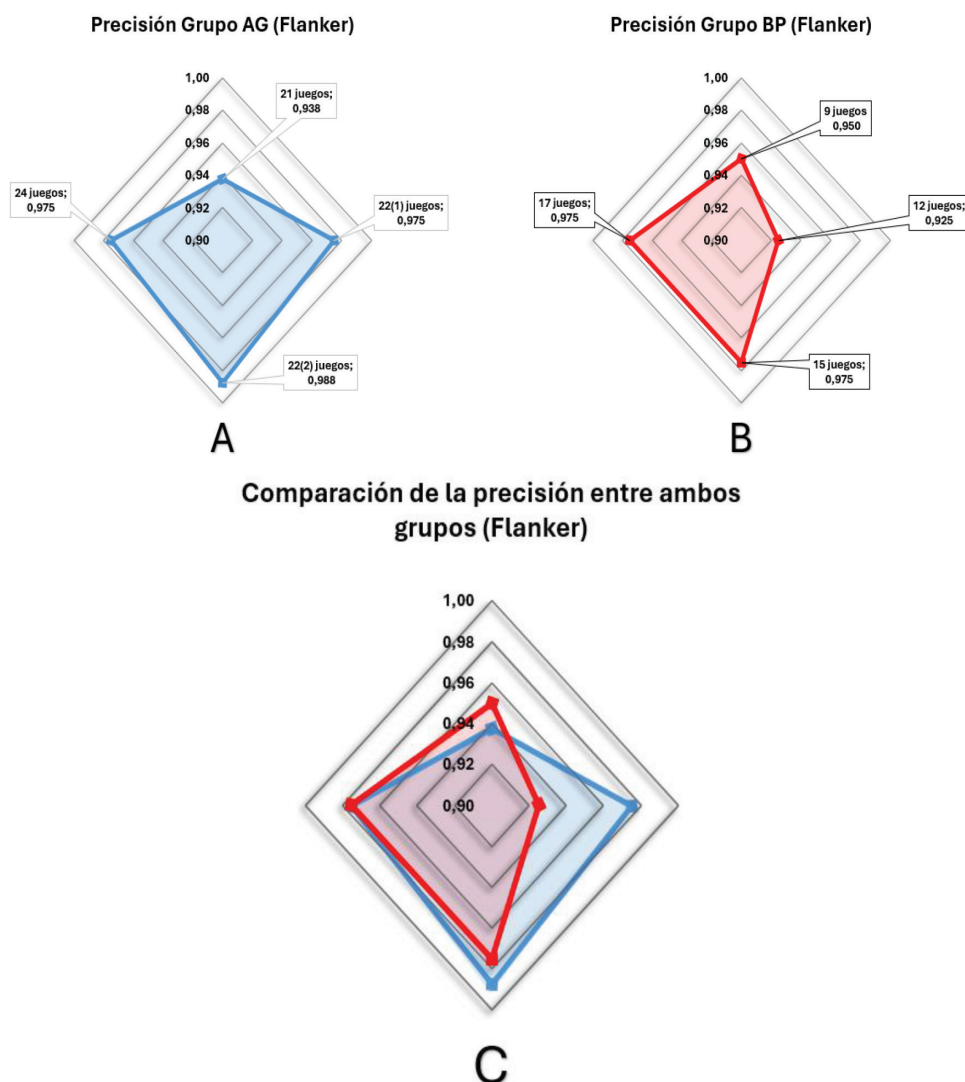
Nota: La unidad de medida utilizada para el tiempo de respuesta son milisegundos (ms), área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

En la Gráfica A de la **Figura 2**, se presentan los valores de precisión en el test Flanker obtenidos por los jugadores del Grupo AG, con una media de 0,969, una desviación típica de 0,0217, un valor máximo de 0,988 y un mínimo de 0,938. En la Gráfica B de la misma Figura, se muestran los resultados del Grupo BP, cuya media es de 0,956, con una desviación típica de 0,024, un valor máximo de 0,975 y un mínimo de 0,925. La Gráfica C ilustra comparativamente ambas distribuciones: el área azul, correspondiente al Grupo AG, es mayor que el área roja del Grupo BP, lo que indica que el Grupo AG presenta mayor precisión en sus respuestas. Al compararse con la **Figura 1**, donde se analizaron los tiempos de respuesta, se observa que el Grupo BP responde más rápidamente, pero con menor precisión, lo

que sugiere un comportamiento más impulsivo en la ejecución del test.

En la siguiente **Figura 3**, se observan tres gráficas que representan las diferencias que existen entre el tiempo total de la prueba B del test P-trails.

La **Figura 3** muestra la comparación de los tiempos de respuesta entre las partes A y B del test, siendo la parte B la más compleja. Las medias de tiempo en la parte A fueron muy similares para ambos grupos: 32.827,43 ms en el Grupo AG y 33.173,66 ms en el Grupo BP. En la parte B, el Grupo AG alcanzó una media de 50.740,12 ms, mientras que el Grupo BP registró 48.823,25 ms. A partir de estas cifras se calcula la diferencia entre ambas fases (B - A), lo que permite valorar la adaptación del sujeto al aumento de dificultad.



**Figura 2.** (A) Gráfica que refleja la precisión en el test Flanker del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja la precisión en el test Flanker del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación de la precisión entre ambos grupos

Nota: Área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

En la Gráfica A, los jugadores del Grupo AG presentaron una media de 16.512,81 ms en esta diferencia, con una desviación típica de 5.220,56 ms, mientras que el Grupo BP, reflejado en la Gráfica B, tuvo una media muy cercana (16.149,59 ms), aunque con una mayor dispersión (DT = 10.903,14 ms). La Gráfica C representa visualmente ambos grupos y muestra que las áreas son similares en tamaño, indicando un rendimiento medio comparable. Sin embargo, la menor variabilidad en el Grupo AG sugiere una mayor estabilidad en la ejecución de tareas bajo condiciones de mayor complejidad.

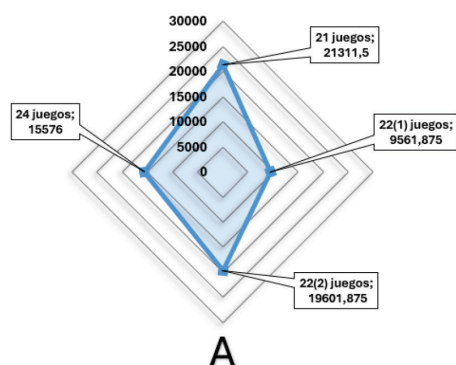
En la siguiente **Figura 4**, se observan tres gráficas que representan las diferencias que existen entre la precisión total de la prueba B

del test P-trails, frente a la precisión total de la prueba A del test P-trails de cada sujeto.

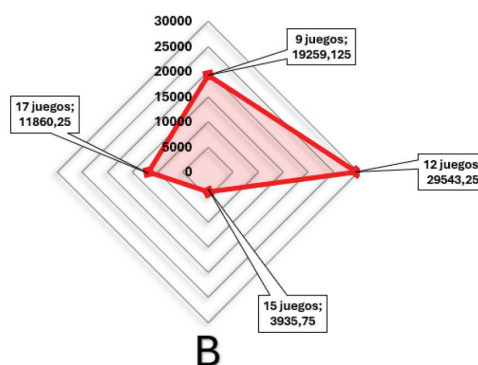
La **Figura 4** analiza las diferencias de precisión entre dos partes del test Flanker, siendo la parte A la más sencilla y, por tanto, con mayor precisión. Las medias de precisión en dicha parte fueron 0,879 para el Grupo AG y 0,881 para el Grupo BP; en la parte B, más compleja, las medias descendieron a 0,812 (AG) y 0,813 (BP). Para valorar la disminución en la precisión, se calcula la diferencia entre ambas partes (Parte A - Parte B), cuyos resultados se muestran en las gráficas A y B.

En la Gráfica A, el Grupo AG presenta una media de diferencia de 0,054, con una desviación típica de 0,049, un valor máximo de 0,123 y un mínimo de 0,009. En la Gráfica B, el Grupo

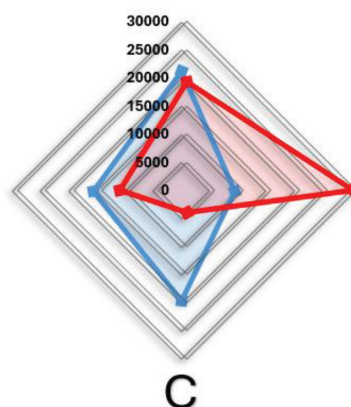
### Diferencia del tiempo de respuesta (Parte B – Parte A) del Grupo AG (P-trails)



### Diferencia del tiempo de respuesta (Parte B – Parte A) del Grupo BP (P-trails)



### Comparación de las diferencias (Parte 1 – Parte 2) del tiempo de respuesta entre ambos grupos (P-trails)



**Figura 3.** (A) Gráfica que refleja la diferencia en el tiempo de respuesta de la parte B frente a la parte A del test P-trails en los jugadores del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja la diferencia en el tiempo de respuesta de la parte B frente a la parte A del test P-trails en los jugadores del Grupo AG y (C) Gráfica que compara las diferencias del tiempo de respuesta de las diferentes partes del test P-trails entre los jugadores del Grupo AG frente al grupo BP

Nota: La unidad de medida utilizada para el tiempo de respuesta son milisegundos (ms), área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

BP muestra una media de 0,068, con mayor dispersión ( $DT = 0,067$ ), un máximo de 0,138 y un mínimo de -0,0155, indicando que en algunos casos la precisión fue superior en la parte compleja. La Gráfica C compara visualmente ambas distribuciones, evidenciando una mayor área roja, lo que revela una mayor variabilidad en las diferencias de precisión entre los jugadores del Grupo BP, sugiriendo menos estabilidad en su rendimiento frente al aumento de dificultad.

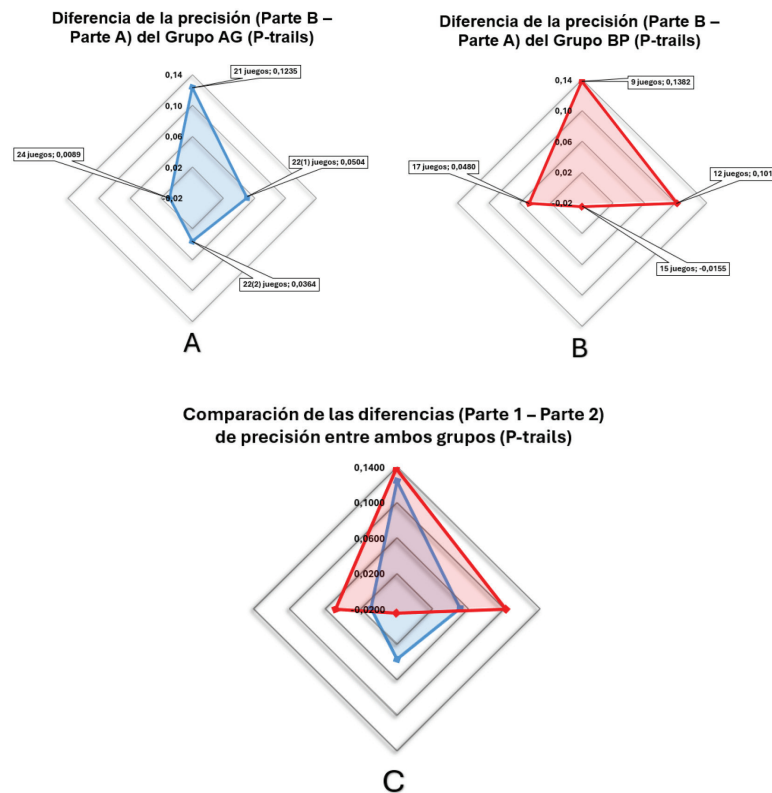
En la siguiente **Figura 5**, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test Nback 1, respecto a la media del tiempo de respuesta de todas las acciones de cada sujeto.

La **Figura 5** presenta los resultados del test N-back 1 en relación con los tiempos de

respuesta de los jugadores de los grupos AG y BP. En la Gráfica A, correspondiente al Grupo AG, la media de respuesta fue de 545,1 ms, con una desviación típica de 73,6 ms, un valor máximo de 589,18 ms y un mínimo de 435,41 ms. Por su parte, en la Gráfica B, el Grupo BP mostró una media más elevada, de 619,03 ms, con una desviación típica de 171,28 ms, un máximo de 803 ms y un mínimo de 400,83 ms.

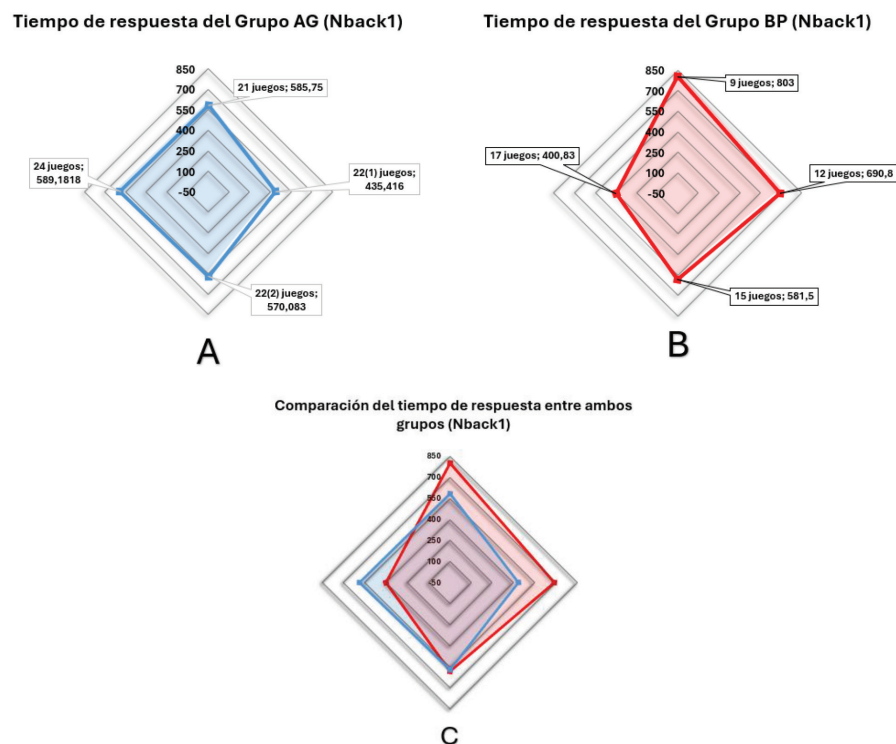
La comparación entre ambos grupos revela que el Grupo BP presenta un mayor tiempo medio de respuesta (73,92 ms más) y una variabilidad significativamente superior ( $DT$  mayor en 97,69 ms), lo que sugiere un rendimiento más lento e inconsistente. Esta tendencia queda reflejada visualmente en la Gráfica C, donde el área roja





**Figura 4.** (A) Gráfica que refleja la diferencia en la precisión de la parte B frente a la parte A del test P-trails en los jugadores del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja la diferencia en la precisión de la parte B frente a la parte A del test P-trails en los jugadores del Grupo BP y (C) Gráfica que compara las diferencias en la precisión de las diferentes partes del test P-trails entre los jugadores del Grupo AG frente al grupo BP

Nota: Área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)



**Figura 5.** (A) Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Nback1 del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Nback 1 del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación del tiempo de respuesta entre ambos grupos

Nota: La unidad de medida utilizada para el tiempo de respuesta son milisegundos (ms), área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

(Grupo BP) supera claramente al área azul (Grupo AG), indicando de forma gráfica que los jugadores del Grupo BP son más lentos al ejecutar las respuestas en esta tarea cognitiva.

En la siguiente **Figura 6**, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test Nback 1, respecto a la media de precisión de todas las acciones de cada sujeto.

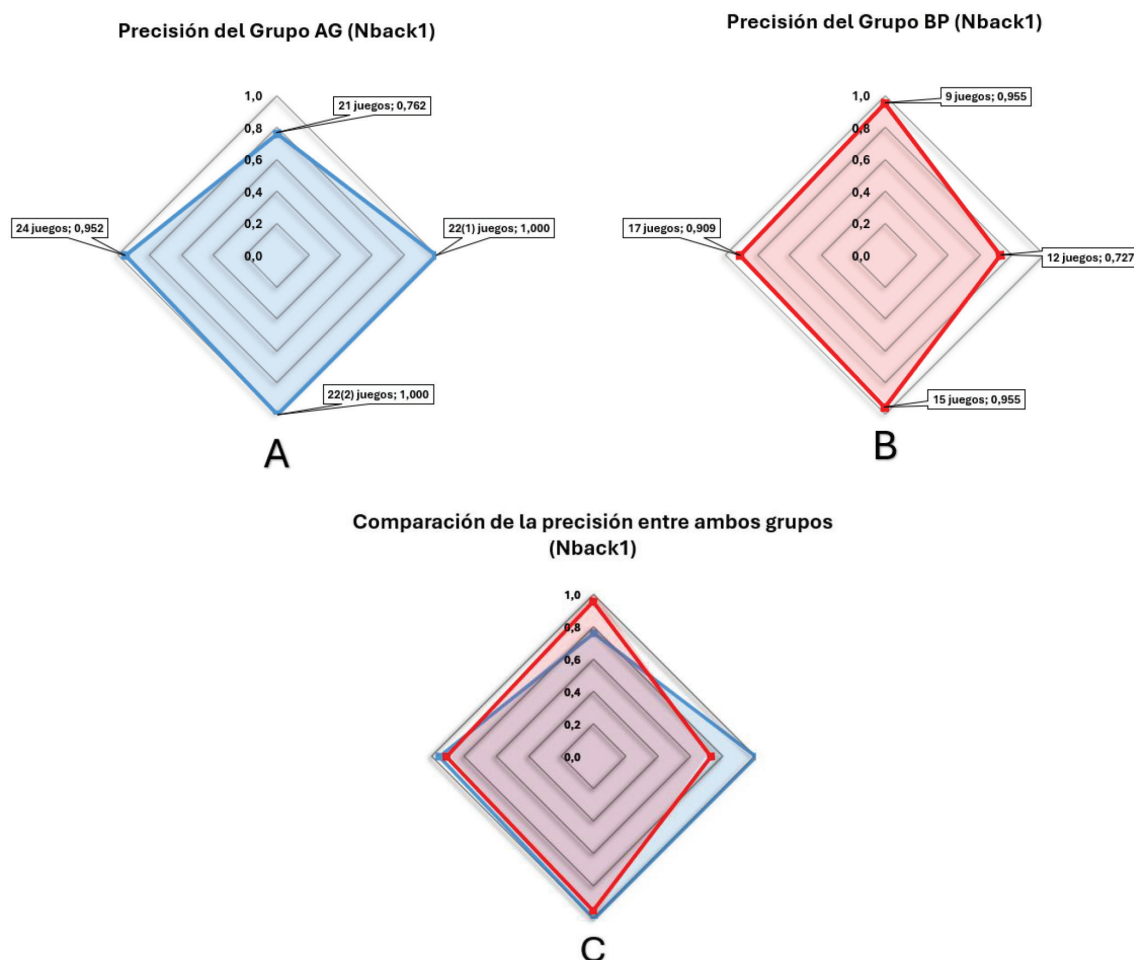
La **Figura 6** presenta los resultados de precisión en el test N-back 1 para los grupos AG y BP. En la Gráfica A, correspondiente al Grupo AG, se observa una media de precisión de 0,93, con una desviación típica de 0,113, un valor máximo de 1 y un mínimo de 0,76. En la Gráfica B, los jugadores del Grupo BP presentan una media ligeramente inferior, de 0,91, con una desviación típica similar (0,112), un valor máximo también de 1 y un mínimo de 0,762.

El análisis indica que los jugadores del Grupo AG obtienen mejores resultados en términos de precisión. Esta diferencia se visualiza en la

Gráfica C, donde el área azul, correspondiente al Grupo AG, es mayor que el área roja del Grupo BP. Además, al compararse con los datos de la **Figura 5** (tiempos de respuesta), se refuerza la idea de que el Grupo AG no solo responde con mayor precisión, sino también con mayor rapidez, evidenciando un rendimiento cognitivo más eficiente en la tarea evaluada.

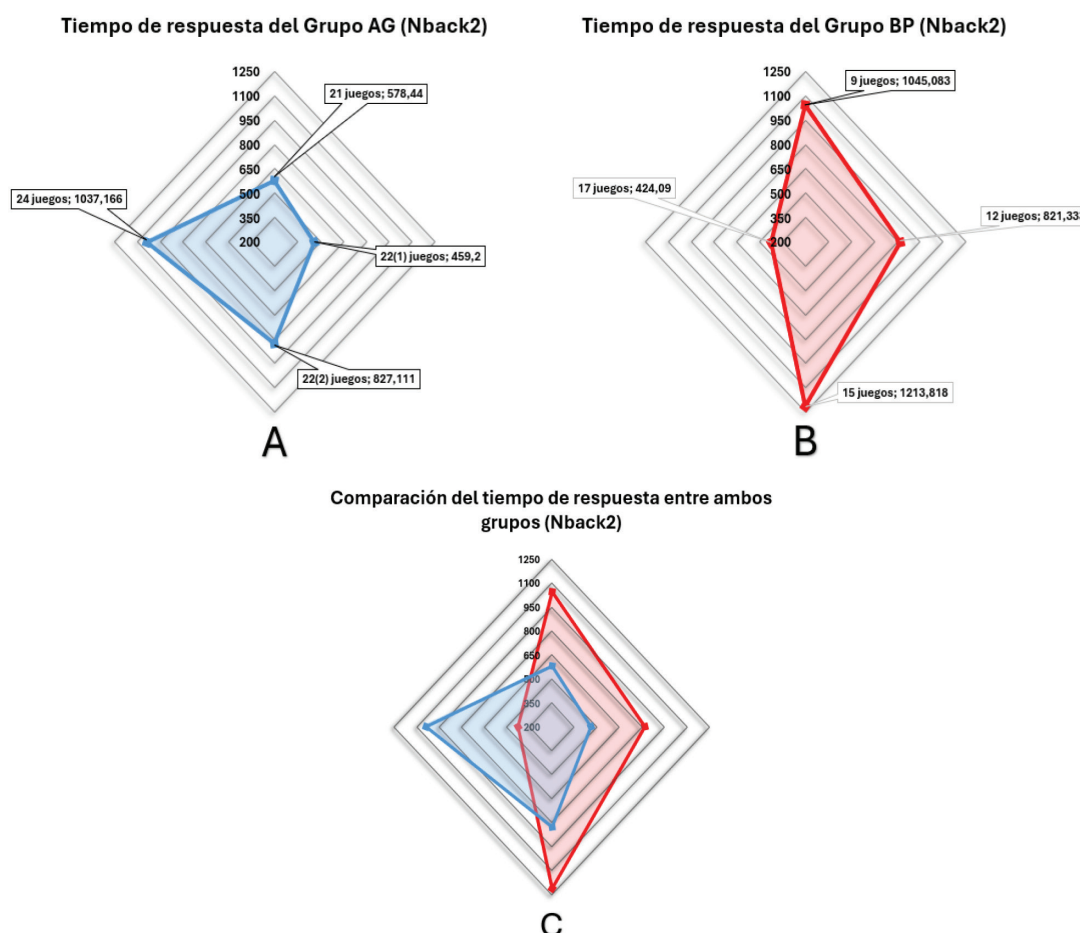
En la siguiente **Figura 7**, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test Nback 2, respecto a la media del tiempo de respuesta de todas las acciones de cada sujeto.

La **Figura 7** presenta los resultados del test N-back 2 en relación con los tiempos de respuesta de los jugadores de los grupos AG y BP. En la Gráfica A, correspondiente al Grupo AG, la media fue de 725,48 ms, con una desviación típica de 258,2 ms, un valor máximo de 1.037,17 ms y un mínimo de 459,2 ms. En la Gráfica B, los jugadores del Grupo BP registraron una media más elevada, de 876,08 ms, con una desviación



**Figura 6.** Gráfica que refleja la precisión en el test Nback1 del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja la precisión en el test Nback 1 del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación de la precisión entre ambos grupos

Nota: Área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)



**Figura 7.** Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Nback2 del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja el tiempo de respuesta en el test Nback 2 del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación del tiempo de respuesta entre ambos grupos

Nota: La unidad de medida utilizada para el tiempo de respuesta son milisegundos (ms), área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

típica de 341,53 ms, un valor máximo de 1.213,82 ms y un mínimo de 424,1 ms.

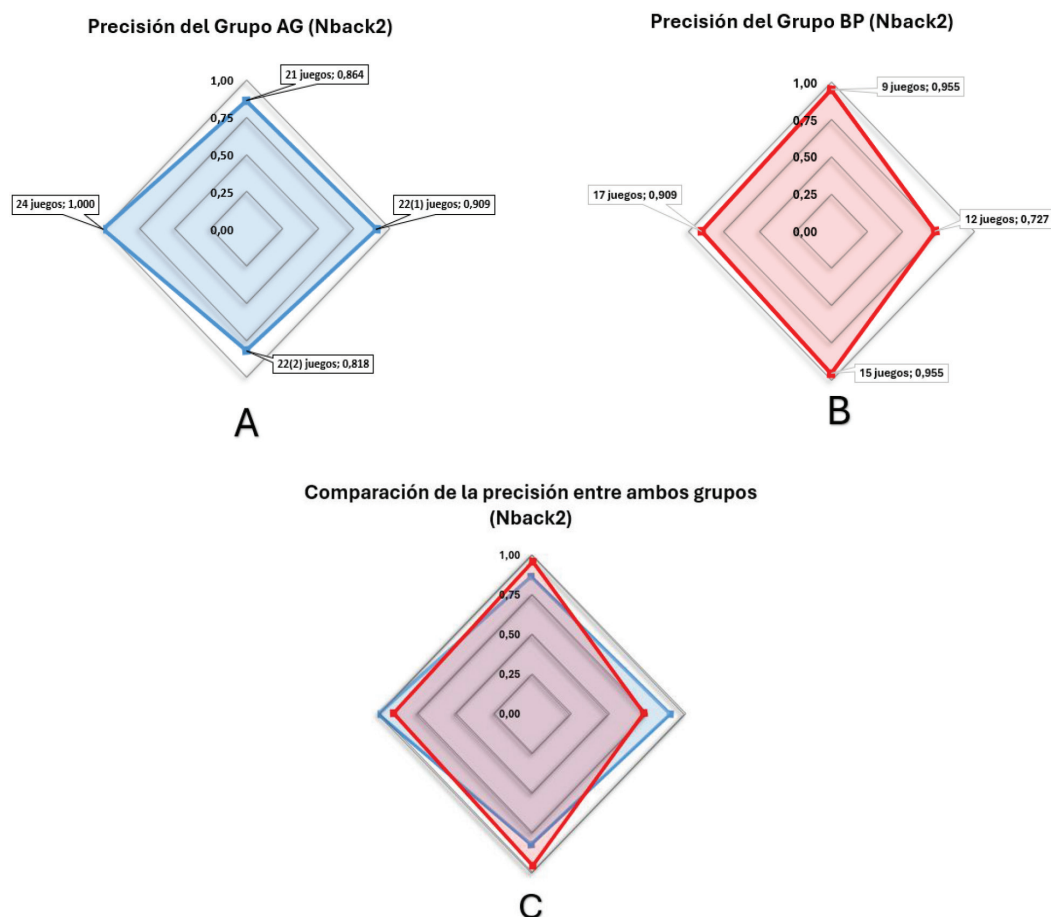
La comparación entre ambos grupos revela que el Grupo BP no solo presenta un tiempo medio de respuesta 150,6 ms superior, sino también una mayor variabilidad (83,32 ms más de desviación típica). Estos datos sugieren que los jugadores del Grupo BP ejecutan sus respuestas con mayor lentitud y menor consistencia. Esta diferencia queda reflejada gráficamente en la Gráfica C, donde el área roja (Grupo BP) es notablemente más amplia que el área azul (Grupo AG), lo que visualmente confirma la mayor lentitud en las respuestas del Grupo BP en tareas de mayor carga cognitiva.

En la siguiente **Figura 8**, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test Nback 2, respecto a la media de precisión de todas las acciones de cada sujeto.

La **Figura 8** muestra los resultados de precisión en el test N-back 2 para los jugadores de los

grupos AG y BP. En la Gráfica A, correspondiente al Grupo AG, se observa una media de precisión de 0,898, con una desviación típica de 0,077, un valor máximo de 1 y un mínimo de 0,818. Por su parte, en la Gráfica B, el Grupo BP obtiene una media de 0,886, con una desviación típica mayor (0,108), un valor máximo de 0,95 y un mínimo de 0,727. Estos resultados reflejan una ligera superioridad en la precisión por parte del Grupo AG, especialmente asociado a aquellos jugadores con más juegos ganados.

En la Gráfica C, se visualiza la comparación entre ambos grupos: el área azul, correspondiente al Grupo AG, es ligeramente mayor que el área roja del Grupo BP, lo que indica una mayor precisión general en el Grupo AG. Esta diferencia, aunque leve, cobra mayor relevancia si se compara con los datos de la **Figura 7**, donde también se constató que el Grupo AG respondía con mayor rapidez. En conjunto, se evidencia que el Grupo AG no solo responde más rápido,



**Figura 8.** Gráfica que refleja la precisión en el test Nback2 del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja la precisión en el test Nback 2 del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación de la precisión entre ambos grupos

Nota: Área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

sino que mantiene una mejor precisión incluso en tareas de mayor exigencia cognitiva.

En la siguiente **Figura 9**, se presentan tres gráficas que muestran los resultados en el test precisión, respecto al porcentaje de acierto de cada jugador.

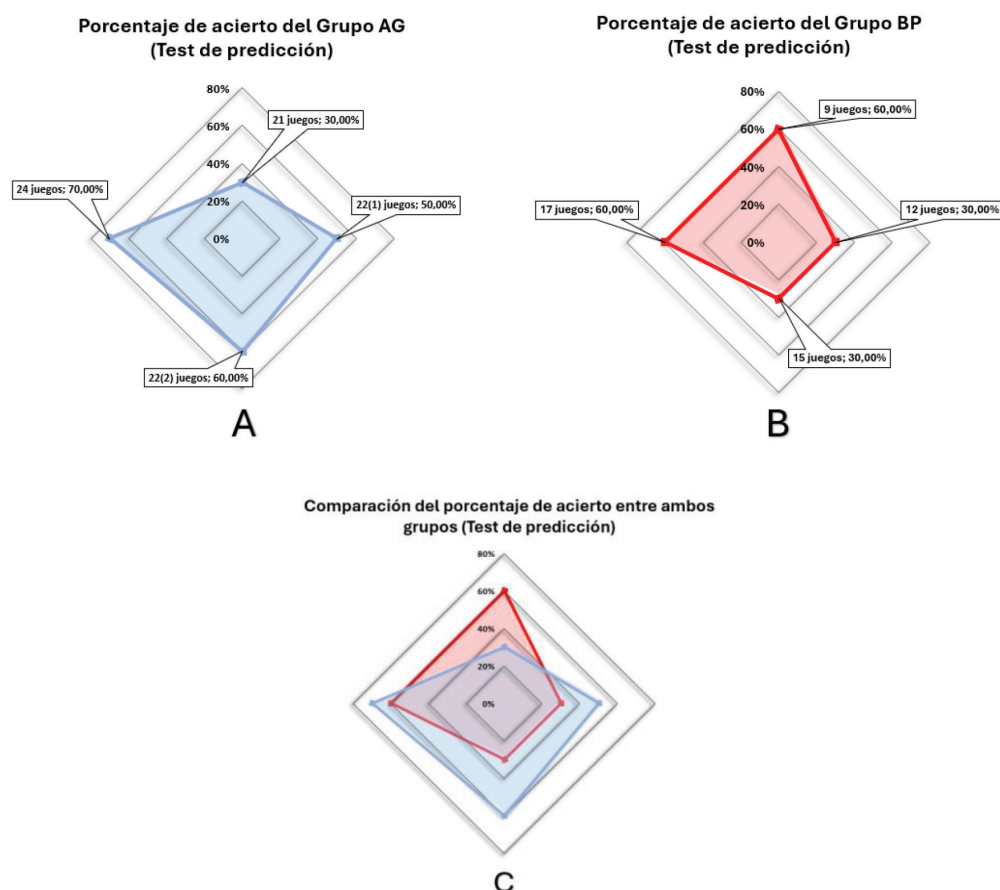
La **Figura 9** muestra los resultados del test de predicción en términos de porcentaje de acierto para los jugadores de los grupos AG y BP. En la Gráfica A, correspondiente al Grupo AG, la media de acierto es del 52,5%, con una desviación típica de 17,08%, un valor máximo del 70% y un mínimo del 30%. En la Gráfica B, los jugadores del Grupo BP presentan una media inferior, del 45%, con una desviación típica de 17,32%, un máximo del 60% y el mismo mínimo del 30%.

#### 4. Discusión

El objetivo de este trabajo fue evaluar las funciones ejecutivas (capacidad de inhibición,

memoria de trabajo, capacidad predictiva y flexibilidad cognitiva) y la etapa madurativa durante una competición simulada en función de los juegos y partidos ganados para conocer nuevos indicadores de rendimiento en tenistas alevines.

Los indicadores de rendimiento en etapa formativa van asociados a gran cantidad de factores relacionados con parámetros técnico-tácticos y biomecánicos, constructos psicológicos y capacidades físicas (Johnston et al., 2017; Nijenhuis et al., 2024; Unierzyski, 2006). Sin embargo, no se controlan factores relacionadas con el aprendizaje y el control motor como son variables de tipo cognitivo, ni la etapa madurativa tanto para la detección/retención de talento o realizar sistemas de competición que mejoren los procesos formativos. Como se puede observar en hallazgos encontrados existen variaciones entre partidos ganados/ juegos ganados y etapa madurativa de los jugadores.



**Figura 9.** Gráfica que refleja el porcentaje de acierto en el test de predicción del Grupo AG, (B) Gráfica que refleja el porcentaje de acierto en el test de predicción del Grupo BP y (C) Gráfica que refleja la comparación del porcentaje de acierto entre ambos grupos

Nota: Área azul = jugadores con juegos totales ganados por encima de la mediana (Grupo AG), área roja = jugadores con juegos totales ganados por debajo de la mediana (Grupo BP)

Según la literatura científica (Malina et al., 2019), existe una relación considerable entre la etapa de maduración y el rendimiento en tenistas alevines, ya que la maduración biológica influye en diversas capacidades físicas y motoras esenciales para el tenis (Broadbent et al., 2021). Los estudios han demostrado que los jóvenes en etapas más avanzadas de maduración tienden a tener ventajas en fuerza, velocidad y coordinación, lo que puede traducirse en un mejor rendimiento deportivo. La maduración temprana permite a estos jugadores desarrollar habilidades técnicas y tácticas de manera más eficiente, proporcionando una ventaja competitiva en comparación con sus pares menos maduros (Brito, 2020; Luna-Villouta et al., 2022).

El presente estudio observó algunas tendencias interesantes que concuerdan con los hallazgos encontrados en la literatura científica en otros deportes como en baloncesto y fútbol (Francisco & Raquel, 2022, Serber, 2020). La categorización se realizó en tres grupos: · maduradores tempranos,

maduradores normales y maduradores tardíos según la herramienta (Chávez, 2024).

Empezando por los maduradores tempranos, se encontró que uno de ellos ganó ambos partidos, mientras que el otro ganó uno y perdió otro. Esto encaja con la hipótesis inicial, ya que los maduradores tempranos suelen tener una ventaja física sobre sus pares. Su desarrollo acelerado les proporciona mayor fuerza, velocidad y resistencia, factores cruciales en el rendimiento deportivo. La literatura científica sugiere que estos individuos a menudo destacan en actividades físicas durante la adolescencia precisamente por estas razones (Sinkovic et al., 2023).

En contraste, los maduradores tardíos presentan un escenario diferente. Nuestro único participante categorizado en este grupo perdió ambos partidos. Esto también se alinea con lo que sabemos de la ciencia: los maduradores tardíos suelen tener desventajas físicas en comparación con sus compañeros que han madurado antes. Sin embargo, es importante se-



ñar que esta desventaja es típicamente temporal. A medida que estos individuos alcanzan la madurez completa, muchas veces pueden igualar o incluso superar a sus pares que maduraron antes. Los participantes que consideramos como maduradores normales mostraron un rendimiento diverso.

En general, en los resultados de todos los test que medían FEs (Flanker, Nback, P trails y el test de predicción), se observa una tendencia superior en los jugadores del Grupo AG.

Para una mejor comprensión de este apartado la discusión se estructura en función de los test llevados a cabo.

### *Test Flanker (Capacidad de inhibición)*

En los resultados respecto al tiempo de respuesta en el test Flanker, se observa que la media y la desviación típica de los jugadores del Grupo AG es mayor, en concreto 56,78 ms y 10,78 ms respectivamente. En lo que a precisión se refiere, los datos de la media de los jugadores del Grupo AG son de 0,969 y la de los jugadores por debajo de la mediana es 0,956. La diferencia de estas medias es 0,013, esto representa un porcentaje de cambio de 1,35%. El análisis de estos datos revela una tendencia ligeramente superior respecto a la precisión en aquellos jugadores con más juegos ganados. Estos resultados reflejan que los jugadores del Grupo AG ganados son más lentos ejecutando la respuesta hacia un estímulo, pero cometen menos errores. Revisando la literatura científica, se conoce que en deportes como el baloncesto, que tienen también un número elevado de estímulos, no hubo diferencias estadísticamente significativas en la capacidad de inhibición entre jugadores de ACB y ligas inferiores, sin embargo, en los resultados de la precisión y tiempo de respuesta los jugadores de ACB tenían resultados ligeramente superiores (López et al., 2017). En los hallazgos encontrados en el estudio, los jugadores del Grupo AG muestran tiempos de respuesta más lentos pero mayor precisión.

### *Test P-trails (Flexibilidad cognitiva)*

Mediante el test P-trails se pretende conocer la flexibilidad cognitiva de los participantes. Los resultados de este test comparan las diferencias del tiempo de respuesta y precisión de la parte A frente a la parte B. Los resultados que aparecen tras comparar las diferencias en la media y la desviación típica en el tiempo de respuesta de ambos grupos de jugadores es 363,22 ms mayor

para los jugadores del Grupo AG. Esto refleja que las diferencias de una parte frente a otra han sido superiores en este grupo y 5682,58 ms para la desviación típica. Esta diferencia tan grande en la desviación típica refleja que el grupo de los jugadores del Grupo BP es más heterogéneo. Comparando los datos respecto a las diferencias de la precisión entre ambos grupos: la diferencia de ambos grupos en las medias de precisión es de 0,0133 mayor para los jugadores del Grupo BP y las diferencias en la desviación típica es 0,018. Al analizar los resultados, se observa que las medias de los datos de la variable de la diferencia del tiempo de respuesta son similares en ambos grupos, en lo que refiere a la precisión se encontró una mejor adaptación para el Grupo AG, ya que su media es menor. Esto dice que el Grupo AG muestra resultados con mayor similitud en ambas partes del test, por tanto, su adaptación es mejor.

La literatura científica habla de diferencias en la flexibilidad cognitiva entre jugadores con mayor rendimiento deportivo frente a jugadores con menor rendimiento en fútbol, teniendo una mejor flexibilidad cognitiva los jugadores con mejor rendimiento (Bernal et al., 2021). En nuestros resultados se encontraron datos similares a este estudio, aunque las diferencias no eran tan distinguidas.

### *Test Nback1 y Nback2 (Memoria de trabajo)*

En los resultados del test Nback1 respecto al tiempo de respuesta, se observa que la media de los jugadores del Grupo AG es mayor, en concreto 73,92 ms, se observa una velocidad de respuesta mayor en este grupo, ya que el porcentaje de cambio es 11,94% y la desviación típica es 97,68 ms. Este dato es bastante grande y expresa la heterogeneidad del Grupo BP. En lo que a precisión se refiere, los datos de la media de los jugadores del Grupo AG son de 0,929 y la de los jugadores por debajo de la mediana es 0,916, la diferencia de estas medias es 0,013, con un porcentaje de cambio de 2,15%. El análisis de estos datos revela una tendencia ligeramente superior respecto a la precisión en aquellos jugadores del Grupo AG. Analizando esta primera parte del Nback, se observan unos resultados superiores en el grupo ganador; se puede decir que su memoria de trabajo recordando solo 1 elemento es mejor.

Siguiendo con el test Nback 2. Respecto al tiempo de respuesta, se observa que la media de los jugadores del Grupo AG es mayor, en concreto

150,6 ms. Se observa una velocidad de respuesta mayor en este grupo, ya que el porcentaje de cambio es 17,19% y la desviación típica es 983,32 ms. En este caso, el dato de la desviación típica se ha estabilizado. En lo que a precisión se refiere, los datos de la media de los jugadores del Grupo AG son de 0,9 y la de los jugadores del Grupo BP es 0,88. La diferencia de estas medias es 0,02, y el porcentaje de cambio es 1,34%. El análisis de estos datos revela una tendencia ligeramente superior respecto a la precisión en aquellos jugadores del Grupo AG. Una vez se analizaron las 2 partes del test Nback, se aprecia unos resultados mayores en el Grupo AG, esto refleja una mayor memoria de trabajo y capacidad de actualizar esa memoria de trabajo con nueva información.

Revisando la literatura científica, encontramos que, en jóvenes jugadores de fútbol, el aumento de la memoria de trabajo es directamente proporcional al rendimiento del deportista en la competición (Bernal et al., 2021). En resumen, aunque las demandas específicas de cada deporte varían, la memoria de trabajo juega un papel crucial en ambos, facilitando la toma de decisiones rápidas y precisas y permitiendo a los atletas adaptarse a situaciones complejas y dinámicas durante el juego.

### *Test de Predicción (Capacidad predictiva)*

En los resultados del test de predicción, se observa que la media del porcentaje de acierto en los jugadores del Grupo AG es mayor, en concreto un 7,5%, el porcentaje de cambio es 8,57%. Las desviaciones típicas son similares, esto habla de la homogeneidad de la muestra para esta variable en concreto.

Estos resultados indican que los jugadores del Grupo AG tienen un porcentaje de acierto superior en el test de predicción, lo que sugiere que poseen una mejor capacidad predictiva en el entorno deportivo. Revisando la literatura científica, se encontró un artículo que utiliza el mismo test de predicción. En este estudio, se examinan las habilidades predictivas de jugadores expertos de tenis frente a otros menos hábiles, los resultados arrojan que los tenistas expertos demostraron ser más rápidos y precisos que los jugadores menos hábiles en anticipar la dirección de los golpes del oponente (Williams et al., 2002). Nuestros resultados dan información semejante a la anteriormente vista, con esto se reafirman y validan los datos obtenidos en esta prueba. En respuesta a la hipótesis de estudio la etapa madurativa parece influir en

los partidos ganados, sin embargo, las funciones ejecutivas parecen influir en los juegos ganados. Aunque el estudio es de tipo exploratorio con un enfoque de prueba parece interesante desarrollar esta línea de investigación para encontrar resultados más sólidos.

No obstante, como en toda investigación, este estudio presenta determinadas limitaciones metodológicas que conviene señalar para contextualizar adecuadamente los resultados.

Tamaño de la muestra: La muestra del estudio estuvo compuesta por 8 jugadores de tenis en etapa de formación, lo cual puede limitar la generalización de los resultados a una población más amplia.

Número limitado de partidos en la competición: La competición organizada como parte del estudio incluyó solo dos partidos por jugador, lo que puede no ser representativo del rendimiento real y constante de los jugadores en un entorno competitivo. Realizar más enfrentamientos podría haber proporcionado datos más sólidos y menos susceptibles a variaciones puntuales en el rendimiento.

No se tiene acceso a las acciones técnico-tácticas de los sujetos: Al no tener esta información no conocemos el rendimiento real de los sujetos en los partidos de la competición.

Las pruebas utilizadas para medir las funciones ejecutivas no son test realizados en campo. Los test utilizados para medir las FEs no son realizados en un entorno real. Aunque estos test tienen una alta correlación al evaluar las Fes, no miden exactamente lo que ocurre durante la ejecución de una tarea específica.

Diseño del estudio transversal: El estudio tiene un diseño descriptivo de corte transversal, lo que implica que los datos se recopilaron en un único punto temporal. No se pudo realizar un diseño longitudinal por cuestiones temporales.

Cálculo de la etapa madurativa indirecto: La etapa madurativa de los participantes se ha determinado utilizando un documento validado, el cual presenta una alta correlación con la maduración biológica real. Sin embargo, es importante señalar que esta correlación, aunque significativa, no es perfecta. Por tanto, el cálculo de la etapa madurativa se considera indirecto.

Número reducido de FEs y calculo indirecto de las mismas: No se ha podido medir un mayor número de funciones ejecutivas (FEs) debido a limitaciones temporales ni se ha podido mapear las regiones cerebrales de los participantes. Por

tanto, el cálculo de las funciones ejecutivas se considera indirecto.

Heterogeneidad de la muestra: Los individuos dentro de la muestra presentan una variedad considerable.

La fatiga acumulada de los sujetos en doble sesión de partidos: Aunque pudiera ser una variable que afectara a la obtención de juegos o de partidos, todos los sujetos disputaron dos partidos y la competición federativa aboga por este formato de competición, siendo este un entorno real de competición.

## 5. Conclusiones

El presente estudio ha permitido explorar la relación entre el rendimiento deportivo en tenistas alevines y dos variables clave: las funciones ejecutivas (capacidad de inhibición, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y capacidad predictiva) y la etapa madurativa. A través del análisis de los resultados obtenidos en una competición simulada, se ha evidenciado que ambos factores tienen un peso significativo, aunque diferenciado, en el rendimiento de los jóvenes deportistas.

Los datos sugieren que la etapa madurativa influye principalmente en los resultados globales de la competición, es decir, en el número de partidos ganados. En cambio, las funciones ejecutivas parecen asociarse de forma más estrecha con los juegos ganados, es decir, con el rendimiento parcial dentro del partido. Este matiz resulta especialmente relevante en categorías formativas, donde es frecuente que los jugadores más maduros física y biológicamente obtengan ventajas temporales que no siempre reflejan un mayor potencial a largo plazo.

Los jugadores del grupo con mejor rendimiento (Grupo AG) destacaron especialmente en pruebas de inhibición, flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y capacidad predictiva. Estos resultados refuerzan la importancia de considerar las FE como indicadores de rendimiento emergentes, complementarios a los tradicionalmente utilizados en el ámbito deportivo. La mayor precisión, menor variabilidad en las respuestas y mejores tiempos de ejecución observados en este grupo apoyan la hipótesis de que un perfil cognitivo más eficiente se relaciona con un mejor desempeño competitivo.

Este trabajo, aunque exploratorio, aporta evidencia relevante para el diseño de estrategias de detección de talento y planificación del

entrenamiento que integren no solo el componente físico-técnico, sino también el cognitivo y madurativo. Incorporar evaluaciones de funciones ejecutivas y valorar el estado de desarrollo biológico puede favorecer procesos formativos más equitativos y ajustados a las características individuales de cada deportista.

Finalmente, se propone continuar esta línea de investigación con muestras más amplias y diseños longitudinales que permitan establecer relaciones causales y reforzar la validez de estos indicadores. Integrar la perspectiva cognitiva en el deporte base representa una oportunidad para mejorar la comprensión del rendimiento y optimizar el desarrollo integral del joven deportista.

### Aplicaciones prácticas

- Optimización del entrenamiento en etapas: Los resultados del estudio pueden ayudar a entrenadores a diseñar programas de entrenamiento que consideren las funciones ejecutivas y la etapa madurativa de cada jugador.
- Evaluación integral de jugadores en los programas de detección de talentos.
- Los hallazgos pueden ser utilizados para mejorar los procesos de selección de talentos al incluir evaluaciones de funciones ejecutivas y maduración biológica. Esto ayudará a identificar no solo a los jugadores con habilidades físicas y técnicas, sino también a aquellos con un potencial cognitivo elevado, contribuyendo a una formación más completa y a largo plazo.
- Crear un sistema de emparejamientos igualado.
- Utilizar un sistema de emparejamiento que considere tanto las habilidades cognitivas como la etapa madurativa para crear enfrentamientos equilibrados. Este sistema debe buscar minimizar las diferencias en el nivel de maduración biológica y las funciones ejecutivas entre los jugadores emparejados. También se puede crear un sistema de puntuación que corrija esas diferencias.
- Crear un ranking que no solo premie los partidos ganados sino también los juegos ganados para evitar la pérdida de talento, corrigiendo la pérdida de licencias que se

muestra entre la etapa alevín e infantil, según los datos de la Real Federación Española de Tenis.

- El objetivo sería premiar el acumulo de juegos, atendiendo una necesidad psicológica básica como es la percepción de competencia a través de refuerzo extrínsecos. Por ejemplo, cada 30 juegos ganados, obtienen la puntuación de un partido ganado, si son maduradores tardíos.

## Referencias

- Anderson, M. C., & Levy, B. J. (2009). Suppressing unwanted memories. *Current Directions in Psychological Science*, 18(4), 189–194.
- Arede, J., Ferreira, A. P., Gonzalo-Skok, O., & Leite, N. (2024). Biological maturation and physical performance in youth athletes: A longitudinal approach. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 19(1), 24–36.
- Badgaiyan, R. D., & Posner, M. I. (1997). Time course of dorsolateral prefrontal and anterior cingulate cortex activation during verbal encoding and recognition. *NeuroReport*, 8(14), 3593–3597.
- Bernal, J., Sánchez, M., & Ramírez, D. (2021). Relación entre flexibilidad cognitiva, memoria de trabajo y rendimiento en jóvenes futbolistas. *Revista de Psicología del Deporte*, 30(2), 55–63.
- Brito, A. (2020). Maduración biológica y rendimiento en el deporte escolar: Una revisión sistemática. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 20(1), 75–88.
- Broadbent, D. P., Causer, J., Ford, P. R., & Williams, A. M. (2021). Perceptual-cognitive skill training and its transfer to expert performance in sport. *International Review of Sport and Exercise Psychology*, 14(1), 186–208. <https://doi.org/10.1080/1750984X.2020.1749025>
- Chávez, R. (2024). *Guía práctica para la estimación de la madurez biológica en jóvenes deportistas*. Ediciones INEF.
- Chen, Z., Li, Y., & Wang, S. (2021). Early training of executive function and later cognitive development. *Frontiers in Psychology*, 12, 685320.
- Cristofori, I., Cohen-Zimmerman, S., & Grafman, J. (2019). Executive functions. In M. J. Farah (Ed.), *The Oxford Handbook of Cognitive Neuroscience* (Vol. 2, pp. 253–271). Oxford University Press.
- Cumming, S. P., Lloyd, R. S., Oliver, J. L., Eisenmann, J. C., & Malina, R. M. (2017). Bio-banding in sport: Applications to competition, talent identification and strength and conditioning of youth athletes. *Strength and Conditioning Journal*, 39(2), 34–47.
- Diamond, A. (2013). Executive functions. *Annual Review of Psychology*, 64, 135–168.
- Diamond, A. (2020). The development of executive functions. In L. S. Liben & R. S. Siegler (Eds.), *Handbook of Child Psychology and Developmental Science* (7th ed.). Wiley.
- Eriksen, B. A., & Eriksen, C. W. (1974). Effects of noise letters upon identification of a target letter in a nonsearch task. *Perception & Psychophysics*, 16(1), 143–149. <https://doi.org/10.3758/BF03203267>
- Farley, K., Baker, J., & Wattie, N. (2020). The relative age effect is more than just selection bias. *Frontiers in Psychology*, 11, 1441.
- Fernández-Fernández, J., Ulbricht, A., & Ferrauti, A. (2023). Long-term athletic development in tennis: Effects of biological maturation. *Journal of Sports Science & Medicine*, 22(1), 33–41.
- Field, A. (2013). *Discovering statistics using IBM SPSS Statistics* (4th ed.). Sage.
- Francisco, J., & Raquel, M. (2022). Desarrollo físico y madurativo en la iniciación deportiva: estudio comparativo en fútbol y baloncesto. *Journal of Sport Sciences*, 18(3), 211–221.
- Furley, P., & Memmert, D. (2012). Working memory capacity as a cognitive prerequisite for tactical decision making in soccer. *Journal of Sports Sciences*, 30(14), 1385–1397.
- Giménez-Egido, J. M., Montoro, M., & Santonja-Medina, F. (2020). Tactical decision-making in racket sports: A review. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 139, 63–73.
- Goldberg, E. (2001). *The executive brain: Frontal lobes and the civilized mind*. Oxford University Press.
- Gutiérrez, F. A., & Ostrosky, F. (2011). Neuropsicología de las funciones ejecutivas: Corteza prefrontal. *Revista Mexicana de Neuropsicología*, 3(2), 98–109.
- Jaeggi, S. M., Buschkuhl, M., Perrig, W. J., & Meier, B. (2010). The concurrent validity of the N-back task as a working memory measure. *Memory*, 18(4), 394–412.
- Johnston, K., Wattie, N., Schorer, J., & Baker, J. (2017). Talent identification in sport: A systematic review. *Sports Medicine*, 47(2), 199–211. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0585-8>
- Kane, M. J., Conway, A. R. A., Miura, T. K., & Colflesh, G. J. (2007). Working memory, attention control, and the N-back task. *Psychonomic Bulletin & Review*, 14(2), 361–368.
- Kuroda, Y., Oshima, Y., & Suzuki, S. (2015). Relationship between executive functions and performance in youth athletes. *Journal of Sports Sciences*, 33(5), 489–496.
- Kuroda, Y., Morita, Y., & Suzuki, S. (2023). The contribution of executive functions to stress management in youth athletes. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 21(2), 123–135.
- López, A., Ramos, M., & García, J. (2017). Capacidad de inhibición y rendimiento en baloncesto profesional: un estudio entre jugadores de ACB y ligas inferiores. *Revista Iberoamericana de Psicología del Ejercicio y el Deporte*, 12(2), 175–182.
- Luna-Villouta, J., Soto, R., & Poblete, R. (2022). Madurez biológica y su relación con el rendimiento físico y técnico en deportes de raqueta. *European Journal of Human Movement*, 48, 45–59.
- Malina, R. M., Rogol, A. D., Cumming, S. P., Coelho e Silva, M. J., & Figueiredo, A. J. (2019). Biological maturation of youth athletes: Assessment and implications. *British Journal of Sports Medicine*, 49(13), 852–859. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2015-094623>
- Martínez, J. L., & Van Tuylen Domínguez, C. (2021). Neurobiología de la toma de decisiones: El papel de la corteza orbitofrontal. *Revista de Neurología*, 72(5), 199–207.
- Miyake, A., & Friedman, N. P. (2012). The nature and organization of individual differences in executive functions. *Current Directions in Psychological Science*, 21(1), 8–14.
- Mueller, S. T., & Piper, B. J. (2014). The Psychology Experiment Building Language (PEBL) and PEBL test battery. *Journal of Neuroscience Methods*, 222, 250–259.
- Nijenhuis, S., Phillips, E., & Larkin, P. (2024). Performance indicators in youth tennis: Integrating technical, tactical, physical, and psychological domains. *International Journal of Sports Science & Coaching*, 19(1), 40–56.
- Otzen, T., & Manterola, C. (2017). Técnicas de muestreo sobre una población a estudio. *Revista Chilena de Investigación en Salud*, 18(2), 113–118.
- Panikratova, Y. R., Vlasova, R. M., & Yaroslavsky, A. A. (2020). Executive function deficits in children with neurological disorders. *Clinical Neurophysiology*, 131(3), 657–668.
- Real Federación Española de Tenis (RFET) (2023). Informe de licencias federativas por categoría 2022/2023.
- Sabarit Peñalosa, C., Colomer-Codina, D., & Reverter-Masia, J. (2022). El papel de la maduración biológica en el rendimiento físico: Una revisión sistemática. *Retos*, 45, 514–521.
- Sánchez, L. J. (2023). Corteza prefrontal ventromedial y regulación emocional. *Anales de Psicología*, 39(2), 211–223.
- Santa-Cruz, C., & Rosas, R. (2017). Mapping of executive functions/ Cartografía de las funciones ejecutivas. *Studies in Psychology*, 38(2), 284–310.
- Serber, D. (2020). Efectos de la maduración en el rendimiento físico en adolescentes jugadores de baloncesto. *Cuadernos de Psicología del Deporte*, 20(3), 95–102.
- Silva, A. F., Clemente, F. M., & Sarmento, H. (2023). From traditional to contemporary sports training paradigms: The need for holistic and ecological perspectives. *Sports Medicine*, 53(4), 613–630.



- Sinkovic, J., Kovacevic, M., & Peric, M. (2023). Physical performance and maturity status in adolescent tennis players. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 63(1), 78–86.
- Smeeton, N. J., Huys, R., & Jacobs, D. M. (2013). When less is more: Reduced usefulness training for the learning of anticipation skill in tennis. *PLoS One*, 8(11), e79811.
- Smith, A., Delano-Wood, L., & Bondi, M. (2008). Trail Making Test performance in normal aging and dementia: A review. *Archives of Clinical Neuropsychology*, 23(3), 245–260.
- Srinivas, M., Sharma, S., & Ramakrishnan, S. (2021). Cognitive training interventions in youth sport: A necessity for modern coaching. *International Journal of Sports Science and Coaching*, 16(5), 1029–1039.
- Stuss, D. T., & Alexander, M. P. (2000). Executive functions and the frontal lobes: A conceptual view. *Psychological Research*, 63(3–4), 289–298.
- Stuss, D. T., & Levine, B. (2002). Adult clinical neuropsychology: Lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401–433.
- Unierzyski, P. (2006). The role of physical and psychological traits in junior tennis performance. *ITF Coaching and Sport Science Review*, 40(14), 9–11.
- Varma, S., Rissman, J., & Chun, M. M. (2023). Predictive coding and executive function in sports contexts. *Trends in Cognitive Sciences*, 27(1), 52–64.
- Wang, Y., Zhou, J., & Zuo, X. N. (2013). Inhibitory control training and brain development. *Frontiers in Human Neuroscience*, 7, 552.
- Williams, A. M., & Jackson, R. C. (2019). Anticipation in sport: Fifty years on. *Current Opinion in Psychology*, 16, 6–11.
- Williams, A. M., Ward, P., Knowles, J. M., & Smeeton, N. J. (2002). Anticipation skill in a real-world task: Measurement, training, and transfer in tennis. *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8(4), 259–270. <https://doi.org/10.1037/1076-898X.8.4.259>
- Zelazo, P. D. (2020). Executive function: Reflection, iterative reprocessing, and the developing brain. *Developmental Review*, 52, 100869.