

Volumen 11 número 2; 2026

# Ciencia y Deporte



## *Evaluación atencional predictiva en niños ajedrecistas con la tabla de Shulte-Platonov y el método Bootstrap*

*[Predictive attentional assessment in child chess players using the Shulte Platonov Table and the Bootstrap method]*

*[Avaliação atencional preditiva em crianças enxadristas com a Tabela de Shulte-Platonov e o método Bootstrap]*

Oswaldo León Bravo<sup>1\*</sup> , Zuyin Hernández Almeida<sup>1</sup> , Lázaro Antonio Bueno Pérez<sup>2</sup> 

<sup>1</sup>Universidad Agraria de La Habana. Laboratorio para el Estudio y Entrenamiento del Cerebro. Mayabeque, Cuba.

<sup>2</sup>Universidad de Camagüey, Facultad de Cultura Física. Camagüey, Cuba.

\*Autor para la correspondencia: correo electrónico: osvaldogicaf@gmail.com

**Recibido:** 08/04/2026

**Aceptado:** 12/05/2026

---

### **RESUMEN**

**Introducción:** el ajedrez competitivo exige altas capacidades cognitivas, como la atención y las funciones ejecutivas. Evaluarlas en jóvenes deportistas a menudo se ve limitado por muestras pequeñas. Este estudio piloto analizó si el rendimiento en la tabla rojinegra de ShultePlatonov

(TRNS-P), una tarea que mide eficiencia atencional y ejecutiva, predice el desempeño en el test de atención d2 en niños ajedrecistas.

**Objetivo:** validar, mediante el procedimiento estadístico Bootstrap, la capacidad predictiva del rendimiento en la TRNS-P sobre los resultados del test d2 en una muestra reducida de niños ajedrecistas.

**Materiales y métodos:** participaron cinco ajedrecistas (9-13 años). Se midió un índice de eficiencia (precisión/tiempo) en la TRNS-P y la puntuación total (TR) en el test d2. Para superar la limitación de  $n=5$ , se empleó un procedimiento Bootstrap con 10,000 iteraciones, calculando el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ), intervalos de confianza no paramétricos del 95% y un p-valor empírico.

**Resultados:** el análisis reveló una correlación positiva fuerte y estadísticamente significativa entre ambas medidas ( $r_s$  observado = 0.85). El intervalo de confianza Bootstrap del 95% fue [0.45, 0.99] (excluyendo el cero) y el p-valor empírico fue de 0.042, lo que confirma la robustez del hallazgo.

**Conclusiones:** el rendimiento en la TRNS-P es un predictor fundamental del desempeño atencional medido por el test d2 en niños ajedrecistas. El estudio demuestra la utilidad del método Bootstrap para obtener inferencias válidas y cuantificar la incertidumbre en investigaciones piloto con muestras pequeñas, ofreciendo un marco metodológico prometedor para la evaluación cognitiva en entornos de alto rendimiento.

**Palabras clave:** ajedrez, tabla rojinegra de Shulte-Platonov, procedimiento Bootstrap, evaluación predictiva.

---

## **ABSTRACT**

**Introduction:** competitive chess demands high cognitive capacities, such as attention and executive functions. Assessing these in young athletes is often limited by small sample sizes. This pilot study examined whether performance on the Shulte-Platonov Red-Black Board (TRNS-P), a task measuring attentional and executive efficiency, predicts performance on the d2 test of Attention in child chess players.

**Objective:** to validate, using the robust Bootstrap statistical procedure, the predictive capacity of performance on the TRNS-P for d2 test results in a small sample of child chess players.

**Methods:** Five chess players (aged 9-13) participated. An efficiency index (accuracy/time) on the TRNS-P and the total score (TR) on the d2 test were measured. To overcome the limitation of  $n=5$ , a Bootstrap procedure with 10,000 iterations was employed, calculating Spearman's correlation coefficient ( $r_s$ ), non-parametric 95% confidence intervals, and an empirical p-value. **Results:** The analysis revealed a strong, statistically significant positive correlation between both measures (observed  $r_s = 0.85$ ). The Bootstrap 95% confidence interval was [0.45, 0.99] (excluding zero) and the empirical p-value was 0.042, confirming the robustness of the finding.

**Conclusions:** Performance on the TRNS-P is a significant predictor of attentional performance measured by the d2 test in child chess players. The study demonstrates the utility of the Bootstrap method for obtaining valid inferences and quantifying uncertainty in pilot research with small samples, offering a promising methodological framework for cognitive assessment in high-performance environments.

**Keywords:** chess, Shulte-Platonov red-black board, d2 test, Bootstrap procedure, predictive assessment.

---

## RESUMO

**Introdução:** O xadrez competitivo exige altas capacidades cognitivas, como atenção e funções executivas. Avaliá-las em jovens atletas é frequentemente limitado por amostras pequenas. Este estudo piloto analisou se o desempenho no Tabuleiro Vermelho-Preto de Shulte-Platonov (TRNS-P), uma tarefa que mede eficiência atencional e executiva, prediz o desempenho no Teste de Atenção d2 em crianças enxadristas.

**Objetivo:** validar, mediante o robusto procedimento estatístico Bootstrap, a capacidade preditiva do desempenho no TRNS-P sobre os resultados do Teste d2 em uma amostra reduzida de crianças enxadristas.

**Métodos:** Participaram 5 enxadristas (9-13 años). Foi medido um índice de eficiência (precisão/tempo) no TRNS-P e a pontuação total (TR) no Teste d2. Para superar a limitação de  $n=5$ , foi empregado um procedimento Bootstrap com 10.000 iterações, calculando o coeficiente de correlação de Spearman ( $r_s$ ), intervalos de confiança não paramétricos de 95% e um p-valor empírico.

**Resultados:** a análise revelou uma correlação positiva forte e estatisticamente significativa entre ambas as medidas ( $r_s$  observado = 0,85). O intervalo de confiança Bootstrap de 95% foi [0,45,

0,99] (excluyendo zero) e o p-valor empírico foi de 0,042, confirmando a robustez do achado.

**Conclusões:** O desempenho no TRNS-P é um preditor significativo do desempenho atencional medido pelo Teste d2 em crianças enxadristas. O estudo demonstra a utilidade do método Bootstrap para obter inferências válidas e quantificar a incerteza em pesquisas piloto com amostras pequenas, oferecendo uma estrutura metodológica promissora para a avaliação cognitiva em ambientes de alto desempenho.

**Palavras-chave:** xadrez, tabuleiro vermelho-preto de Shulte-Platonov, teste d2, procedimento Bootstrap, avaliação preditiva.

---

## INTRODUCCIÓN

El ajedrez de competición constituye un escenario que exige funciones cognitivas de alto orden, entre las que destacan la atención sostenida, la velocidad de procesamiento visual, la memoria de trabajo y la flexibilidad mental (Ye, 2025). El desarrollo del pensamiento analítico de causa y efecto, inherente al juego independientemente del nivel de destreza, se sustenta y potencia mediante procesos cognitivos clave. Así, la capacidad de un jugador para escanear rápidamente el tablero, identificar patrones y alternar entre estrategias depende en gran medida de la eficiencia de estos procesos atencionales y ejecutivos (Szczepańska & Kaźmierczak, 2022; Nanu *et al.*, 2023), los cuales se ejercitan y refinan de manera integral durante la práctica del juego.

El ajedrez constituye una actividad que funciona como un laboratorio natural para el estudio de la cognición de alto rendimiento, entrelaza el pensamiento analítico con aquellas acciones que requieren de la ejecución táctica y estratégica, y que, por tanto, fomentan los aspectos intelectuales y de toma de decisiones de aquellos que lo practican (Uskoković, 2023; Chowdhary, *et al.*, 2023).

La relevancia del ajedrez para la ciencia cognitiva es aún desconocida. En el ajedrez se realizan una serie de ejercicios cognitivos que desafían la capacidad de resolución de problemas, la atención y la memoria de quienes lo practican. El juego exige que los jugadores anticipen los movimientos de los oponentes, planifiquen con varios pasos de

antelación y adapten sus estrategias en función de los escenarios cambiantes. Esta actividad mental constante fomenta el desarrollo de habilidades cognitivas transferibles a otros aspectos de la vida, el pensamiento crítico y la planificación estratégica (Stegariu *et al.*, 2022; Stegariu *et al.*, 2023).

Según el modelo de Miyake *et al.* (2000), funciones ejecutivas como la flexibilidad mental (para cambiar de estrategia), la memoria de trabajo (para mantener y manipular posiciones) y el control inhibitorio (para suprimir jugadas impulsivas o irrelevantes) son componentes esenciales que determinan el rendimiento de un ajedrecista. Williams *et al.* (2025), en un metaanálisis, confirmaron una relación sólida entre estas capacidades cognitivas y el nivel de habilidad en el ajedrez. Por lo tanto, evaluar estas funciones en niños ajedrecistas no solo describe su perfil cognitivo, sino que puede predecir su potencial de desempeño y áreas de mejora.

Diversas herramientas se han empleado para evaluar estos constructos cognitivos, la mayoría de los estudios se basan la comparación de ajedrecistas con no ajedrecistas en diversas medidas cognitivas, y mediante análisis univariante. Sin embargo, en cuanto al rendimiento cognitivo en funciones específicas que muestren una medida del estado óptimo cognitivo del jugador de ajedrez, aún se carece de investigaciones que involucren múltiples dominios cognitivos de forma interactiva y que por transferencia cercana acompañen la capacidad o fuerza de juego del ajedrecista (González-Burgos *et al.*, 2025).

Esta perspectiva requiere la adopción de nuevos enfoques metodológicos que se fundamenten desde la estadística y la experimentación. Superar las limitaciones de los análisis univariados y las comparaciones grupales simples exige el empleo de modelos multivariados y longitudinales que puedan comprobar la interacción dinámica entre múltiples dominios cognitivos (como la memoria de trabajo, el control inhibitorio y la flexibilidad mental) y cómo esta sinergia se correlaciona con la fuerza de juego en ajedrez.

En esta línea, se necesitan diseños experimentales ecológicamente válidos que utilicen tareas de transferencia cercana, es decir, pruebas cognitivas que simulen las demandas reales del juego, para así medir de forma más precisa y directa el estado cognitivo óptimo del jugador durante el desempeño ajedrecístico.

Precisamente, este principio se vincula con los hallazgos de Enke y Graeber (2023), quienes demuestran que la incertidumbre cognitiva depende de la complejidad de la tarea que se emplea y como esta puede explicar diversos fenómenos cognitivos. El ajedrez, como contexto de alta complejidad, genera una incertidumbre cognitiva que las metodologías experimentales actuales no son capaces de aproximarse a su dinámica psicológica, lo que refuerza la necesidad de desarrollar nuevos enfoques investigativos.

Ante esta necesidad metodológica, herramientas especializadas como la Tabla Roji Negra de Shulte-Platonov (TRNS-P) ofrecen un enfoque prometedor. Representa el tipo de instrumento de transferencia cercana que puede empezar a abordar la dinámica psicológica compleja y la incertidumbre cognitiva propias del juego, proporcionando una medición ecológica y específica del estado óptimo del jugador.

La tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), constituye una matriz numérica que requiere la búsqueda y secuenciación visual rápida, ha demostrado ser un instrumento sensible para medir la eficiencia de la atención selectiva y distribuida, así como la capacidad de planificación secuencial. Su ejecución involucra redes frontoparietales asociadas al control ejecutivo y sistemas visoespaciales, lo que la convierte en un candidato ideal para evaluar habilidades directamente transferibles al contexto ajedrecístico.

En el escenario del diagnóstico cognitivo, la Tabla Roji Negra de Shulte-Platonov (TRNS-P) es una prueba que trasciende la simple búsqueda visual. Requiere una búsqueda sistemática y secuenciada bajo presión de tiempo dentro de una matriz (ej., 5x5) que contiene números distribuidos aleatoriamente. Este proceso moviliza una red neurocognitiva integrada por: a) la red atencional frontoparietal para la selección y orientación de la atención; b) la memoria de trabajo visoespacial para retener la secuencia

y la ubicación de números ya encontrados; c) la flexibilidad cognitiva para alternar entre patrones de búsqueda; y d) el control inhibitorio para resistir la distracción por estímulos irrelevantes. Así, un mejor rendimiento en la prueba (alta precisión y bajo tiempo) refleja una mayor eficiencia de estas redes ejecutivas y atencionales.

Sin embargo, la investigación experimental con poblaciones específicas de niños deportistas a menudo se enfrenta al desafío de tamaños muestrales reducidos, característicos de estudios piloto o de alta especialización. Esta limitación restringe la aplicabilidad de pruebas estadísticas paramétricas tradicionales y la generalización de los hallazgos.

En este contexto, el procedimiento Bootstrap (Efron, 1979), desde sus orígenes, emerge como una metodología robusta que permite favorecer la predicción de resultados, la identificación de patrones y tendencias en un deporte tan complejo y dinámico como el ajedrez. Para autores como Varmann & Mouriño, 2024, esta técnica de remuestreo no paramétrico permite estimar la distribución muestral de estadísticos de interés y calcular intervalos de confianza fiables sin depender de supuestos distribucionales rígidos, maximizando la información obtenible de muestras pequeñas.

La naturaleza exploratoria y el tamaño muestral reducido ( $n=5$ ) de este estudio piloto imposibilitan el uso de inferencias paramétricas tradicionales con garantías de robustez. El procedimiento Bootstrap (Efron, 1979) supera esta limitación mediante el remuestreo con reemplazo de los datos originales. Este método no paramétrico permite: 1) estimar la distribución muestral de estadísticos como el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ); 2) calcular intervalos de confianza (IC) robustos sin asumir normalidad; y 3) obtener p-valores empíricos mediante pruebas de permutación. Su aplicación transforma hallazgos preliminares en evidencias con una cuantificación sólida de la incertidumbre, maximizando la información obtenible de muestras pequeñas.

Para validar la capacidad predictiva de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNSP) en Niños Ajedrecistas, se requiere un criterio de medición de la atención con validez y fiabilidad establecidas. En este caso, el test de atención d2 (Brickenkamp, 1962) es una

prueba de cancelación clásica que mide la atención selectiva y sostenida, así como la velocidad de procesamiento y la calidad del rendimiento (omisiones y comisiones). Su puntuación total (TR - Tasa Total menos errores) es un indicador robusto de la capacidad atencional. Su uso como variable criterio permite anclar los hallazgos de la prueba de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) en una métrica estandarizada ampliamente aceptada en la literatura de neuropsicología, el ajedrez y en la psicología del deporte.

A partir de estos argumentos, el presente estudio plantea como hipótesis central: que un mejor rendimiento en una tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNSP), que evalúa la eficiencia de la atención selectiva y distribuida, y la capacidad de planificación secuencial, predecirá un mayor desempeño en el test de atención d2 en niños ajedrecistas. Se hipotetiza que esta relación mantendrá su significancia estadística cuando sea evaluada mediante el robusto método de Bootstrap.

En este sentido, el objetivo de la investigación es validar mediante el procedimiento Bootstrap, la capacidad predictiva del rendimiento en una tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) sobre el desempeño en el test de atención d2 en una muestra de niños ajedrecistas.

## **MATERIALES Y MÉTODOS**

### *Diseño de Investigación*

Se empleó un diseño correlacional-predictivo transversal. Se midió la relación entre una variable predictora (Índice de Eficiencia: rendimiento compuesto por el tiempo y la precisión) derivada la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) y una variable criterio (puntuación en el test d2), con la lógica analítica de que el desempeño en la TTS puede pronosticar el nivel de atención medido por el d2 en niños ajedrecista.

### *Participantes*

La muestra estuvo conformada por 5 niños ( $n=5$ , 4 varones, 1 mujer) con edades entre 9 y 13 años ( $M=11.2$ ,  $DE=1.3$ ). Todos eran ajedrecistas activos en formación competitiva, con un mínimo de dos años de experiencia práctica en el Centro de Estudio de Ajedrez - ISLA. Los participantes fueron seleccionados mediante un muestreo intencional no probabilístico. Los criterios de inclusión fueron: a) nivel básico-competitivo en ajedrez, b) consentimiento informado firmado por padres/tutores, c) ausencia de trastornos del neurodesarrollo o neurológicos diagnosticados.

### *Instrumentos y Procedimiento*

La sesión experimental constó de dos estaciones secuenciales en un entorno controlado.

Estación 1: prueba de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P). Permite la determinación de la concentración, la estabilidad y la alternancia de la atención mediante el método Schulte-Platonov (Figura 1).



*Fig. 1. - Desempeño de un participante durante realización de la tarea de la tabla rojinegra de Shulte Platonov en el Centro de Estudio de ajedrez – ISLA*

Material: tabla de rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) de 5x5 (números 1-25 en negro y 24-1 en rojo, distribuidos aleatoriamente).

Tarea: el participante debía emparejar secuencialmente los números según la regla: número negro en orden ascendente (1,2,3...) con su correspondiente número rojo en orden descendente (24,23,22...), siguiendo la secuencia 1-24, 2-23, etc. El número negro 25 no tenía par.

Medición: se registró el tiempo total (en segundos) para completar la secuencia y el porcentaje de precisión (aciertos/total de pares). La variable predictora fue un índice de eficiencia compuesto: (precisión %) / (tiempo en segundos). Un valor mayor indica mayor eficiencia (más preciso y más rápido).

Estación 2: test de atención d2.

Material: formulario estándar del test d2.

Tarea: en una hoja con filas de las letras 'd' y 'p' con 1-4 apóstrofes, el participante debía tachar, en un tiempo limitado (4 minutos 40 segundos por sección, según protocolo estándar), solo los caracteres 'd' con 2 apóstrofes ('d2').

Medición: se calculó la puntuación total de rendimiento (TR) según el manual: TR = (total de respuestas) - (errores por omisión + comisión). Esta puntuación constituyó la variable criterio.

#### *Procesamiento estadístico matemático de los datos*

Para abordar las limitaciones del reducido tamaño muestral y validar la robustez de los hallazgos, se implementó un procedimiento de remuestreo Bootstrap (10,000 iteraciones) que permitió calcular intervalos de confianza no paramétricos y estimar la significancia empírica de la correlación. Este enfoque metodológico combinado permitió evaluar tanto la asociación entre ambas medidas como la capacidad predictiva de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) sobre el test de atención d2, con implicaciones

para la personalización de protocolos de neuro-entrenamiento basados en evidencia estadística robusta. Los procedimientos estadísticos siguieron el siguiente orden:

Estadística descriptiva: se calcularon medias y desviaciones estándar (DE) para el tiempo y precisión en la tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), y para la TR en el d2.

Procedimiento Bootstrap: para superar la limitación de  $n=5$ , se implementó un procedimiento Bootstrap con 10,000 iteraciones en R (v4.3.1, paquete boot).

Se generaron 10,000 muestras Bootstrap (remuestreo con reemplazo,  $n=5$ ) de los pares de datos (Índice de Eficiencia (tiempo y precisión), TR d2).

Para cada muestra, se calculó el coeficiente de correlación de Spearman ( $r_s$ ).

Se construyó un Intervalo de confianza (IC) del 95% no paramétrico usando el método del percentil (percentiles 2.5 y 97.5).

Se obtuvo un p-valor empírico mediante prueba de permutación Bootstrap (proporción de  $r_s$  Bootstrap  $\geq |r_s$  observado |).

El mismo procedimiento se usó para calcular IC Bootstrap del 95% para las medias de todas las variables.

Para la implementación de todos los procedimientos estadísticos descritos, incluido el análisis descriptivo, el cálculo del coeficiente de correlación de Spearman y, de manera fundamental, la ejecución del procedimiento de remuestreo Bootstrap con 10,000 iteraciones, se empleó el entorno de programación estadística R (versión 4.3.1), operado a través de la interfaz integrada de desarrollo RStudio.

Los análisis de remuestreo específicos se llevaron a cabo utilizando el paquete boot, ampliamente reconocido por su robustez para la implementación de técnicas de inferencia basadas en remuestreo. Este entorno de software de código abierto fue seleccionado por su capacidad para realizar cálculos estadísticos avanzados y

reproducibles, especialmente valiosa para la validación de resultados en estudios con tamaños muestrales reducidos.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### *Estadísticos descriptivos con intervalos Bootstrap*

El procedimiento Bootstrap, al generar múltiples réplicas de los datos mediante remuestreo, permite obtener estimaciones más robustas de los parámetros poblacionales y cuantificar su incertidumbre mediante intervalos de confianza no paramétricos, lo cual es particularmente valioso en estudios con muestras pequeñas como el presente.

La tabla 1 presenta las medidas descriptivas clave con sus IC Bootstrap del 95%. Los intervalos, aunque amplios debido al  $n=5$ , ofrecen estimaciones robustas de los parámetros poblacionales y se ubican en rangos psicológicamente plausibles (Tabla 1).

**Tabla 1.** - *Estadísticos descriptivos con intervalos de confianza Bootstrap (95%)*

Variable	Media	IC Bootstrap 95%	DE
Tiempo (s)	145.2	[125.8, 164.1]	18.7
Precisión (%)	88.4	[80.1, 94.9]	6.3
Índice de Eficiencia	0.61	[0.50, 0.72]	0.09
Puntuación Total Test d2 (TR)	185.6	[155.8, 215.0]	22.4

**Fuente:** *Base de datos derivados del experimento.*

Estos resultados preliminares, obtenidos y validados mediante el procedimiento Bootstrap, no solo describen de manera cuantitativa el perfil atencional y de eficiencia ejecutiva de la muestra de niños ajedrecistas, sino que también establecen una base estadísticamente sólida para el análisis predictivo subsiguiente.

Los intervalos de confianza, a pesar de reflejar la incertidumbre inherente a un tamaño muestral reducido, confirman que las estimaciones de las variables clave, como el índice de eficiencia en la tarea de tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) y la puntuación Total en el test d2, se ubican en rangos compatibles con un desempeño atencional eficiente y una capacidad cognitiva promisoria en esta población especializada.

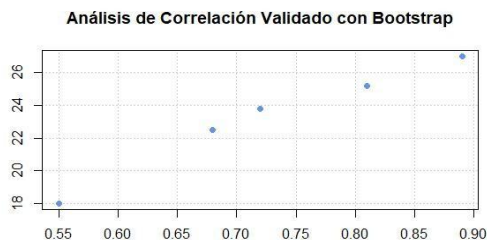
Esta consistencia direccional y la solidez de las estimaciones justifican plenamente la continuación y validación del análisis correlacional-predictivo entre el rendimiento en la tarea de tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) y el desempeño atencional medido por el test d2.

#### *Análisis de correlación validado con Bootstrap*

El análisis reveló una correlación positiva fuerte y significativa entre el índice de eficiencia en la tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) y la puntuación total (TR) en el test d2.

- Coeficiente de Spearman observado:  $r_s = 0.85$ .
- Intervalo de confianza Bootstrap 95%: [0.45, 0.99] (excluye el 0).
- p-valor empírico (Bootstrap):  $p = 0.042$ .

Como se observa en la figura 2, la distribución Bootstrap de los 10,000 coeficientes de correlación de Spearman se concentra en valores positivos, la mayoría entre 0.65 y 0.80 (Figura 2).



**Fig. 2.** - Distribución Bootstrap del coeficiente de correlación de Spearman

El valor observado en la muestra original ( $r_s = 0.85$ , línea vertical) se ubica en el extremo superior de esta distribución, pero dentro del rango de valores plausibles. Notablemente, ninguna de las réplicas Bootstrap produjo una correlación negativa o nula, lo que proporciona evidencia visual adicional de la solidez de la relación positiva entre las variables. El área a la derecha del valor observado (aproximadamente el 4.2% de la distribución) corresponde directamente al p-valor de 0.042.

Estos resultados indican que, con una confianza del 95%, la correlación poblacional se encuentra entre 0.45 y 0.99, y la probabilidad de obtener un resultado tan extremo por azar es inferior al 5%.

Este resultado triplemente robusto (fuerte en magnitud, preciso en estimación y significativo en probabilidad) valida estadísticamente que la tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) es un predictor válido del rendimiento atencional en niños ajedrecistas. Por cuanto, a pesar del pequeño tamaño muestral, el empleo del procedimiento Bootstrap permite realizar una cuantificación sólida de la incertidumbre, lo que es especialmente valioso en estudios pilotos con poblaciones especializadas donde obtener muestras grandes es difícil.

#### *Discusión de los resultados*

La aplicación del procedimiento Bootstrap permitió extraer conclusiones robustas a partir de una muestra piloto muy reducida. El hallazgo central mostró una correlación fuerte y significativa ( $r_s = 0.85$ ,  $p = 0.042$ ) entre el rendimiento en la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P) y el test d2, este resultado se sostiene tras una evaluación estadística rigurosa y no paramétrica, en el que se obtuvo un IC Bootstrap [0.45, 0.99], lo cual evidencia una relación positiva legítima.

Esto sugiere que los niños ajedrecistas con mayor eficiencia en las redes atencionales y ejecutivas, medidas mediante el tiempo y la precisión en la tabla rojinegra de ShultePlatonov (TRNS-P), también muestran un mejor desempeño en una tarea estandarizada de atención sostenida y selectiva como el test d2.

El uso del procedimiento Bootstrap en este estudio para validar la relación entre el TRNS-P y el test d2 se alinea con una tendencia metodológica creciente en la investigación cognitiva con muestras reducidas. Investigaciones previas, como las de Zou (2007) en la que presenta al Bootstrap como una alternativa robusta y recomendable, especialmente cuando los supuestos de normalidad bivariada no se cumplen. En este sentido, proporciona el marco estadístico para la comparación Bootstrap de dos coeficientes de correlación como estimadores de la relación entre constructos.

Por otra parte, el trabajo de Ratcliff & Childers (2015), en la comparación de parámetros de modelos cognitivos entre condiciones, han empleado Bootstrap en contextos bivariados para estimar correlaciones e intervalos de confianza robustos ante limitaciones de normalidad o tamaños muestrales reducidos.

Al igual que en estos estudios, nuestro enfoque permitió superar las restricciones de una muestra pequeña ( $n=5n=5$ ), obteniendo una estimación estable y no paramétrica de la correlación entre variables. Sin embargo, mientras que muchos de estos trabajos se han centrado en poblaciones generales o clínicas, la presente investigación extiende la aplicabilidad del Bootstrap a un contexto de alto rendimiento cognitivo, el ajedrez infantil, demostrando así su versatilidad para la evaluación específica de dominios atencionales y ejecutivos en niños deportistas. Esta consistencia metodológica refuerza la validez del Bootstrap como herramienta fundamental para la inferencia estadística en etapas iniciales de la neurociencia cognitiva aplicada al deporte.

Estos hallazgos, si bien robustos dentro del contexto bivariado y de baja dimensión, abren la puerta a futuras investigaciones que podrían beneficiarse de técnicas de remuestreo más avanzadas y escalables. En particular, metodologías como la propuesta por Shi *et al.* (2025), que refinan el Bootstrap para modelos de regresión aumentados por factores de alta dimensión, ofrecerían un marco potente para integrar múltiples variables cognitivas (por ejemplo, memoria de trabajo, control inhibitorio, flexibilidad mental) y predictores contextuales, típicos del ajedrez, en un modelo único. La adopción de tales enfoques permitiría no solo validar la capacidad predictiva de la TRNS-P de manera más comprehensiva, sino también examinar interacciones entre dominios cognitivos y su

relación con variables ajedrecísticas, optimizando así la evaluación y el entrenamiento cognitivo en entornos de alto rendimiento.

La tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), por tanto, no sería solo una tarea de búsqueda visual, sino un reflejo conductual integrado de componentes ejecutivos clave (flexibilidad, memoria de trabajo, control inhibitorio) que se derivan del tiempo, la precisión y la planificación secuencial, y que son esenciales tanto para el ajedrez (Williams, *et al.*, 2025) como para el rendimiento atencional en general.

Estos hallazgos están en línea con la literatura que vincula el ajedrez con funciones ejecutivas superiores y respaldan la utilidad de herramientas de evaluación específicas en entornos deportivos. La fortaleza metodológica aportada por el Bootstrap transforma un resultado preliminar potencialmente frágil en una evidencia sólida para guiar investigaciones futuras. Se demuestra que es posible realizar inferencias válidas y cuantificar la incertidumbre incluso con grupos muestrales pequeños, siempre que se empleen técnicas estadísticas apropiadas.

A la luz de los hallazgos obtenidos y sus limitaciones inherentes al tamaño muestral, aunque atenuada por el uso de Bootstrap, se delinean perspectivas claras para futuras investigaciones. Por lo tanto, resulta necesario replicar este estudio con una muestra más amplia y representativa de niños ajedrecistas. Este criterio no solo permitiría reducir la amplitud de los intervalos de confianza y aumentar el poder estadístico, sino que también haría factible la realización de análisis multivariados, como modelos de regresión, para discernir la contribución específica de otros subcomponentes cognitivos individuales de la tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), como por ejemplo el tiempo de búsqueda versus la precisión, en la predicción del rendimiento atencional.

Además, se recomienda la adopción sistemática de técnicas de remuestreo, como el procedimiento Bootstrap, en las fases piloto de la investigación en neurociencia cognitiva aplicada al deporte. Esta práctica metodológica permitiría obtener estimaciones más

fiables a partir de muestras pequeñas, fundamentando así de manera más sólida el diseño y la justificación de estudios posteriores a mayor escala.

En una línea más ambiciosa, los diseños futuros deberían adoptar un enfoque longitudinal. Este permitiría examinar no solo la capacidad predictiva de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), sino también su potencial para pronosticar la tasa de mejora o la curva de aprendizaje de los deportistas a lo largo de un programa estructurado de entrenamiento cognitivo en el contexto ajedrecístico.

El protocolo de evaluación dual aquí validado (TRNS-P + test d2) posee el potencial de ser transferido e integrado en los entornos reales de formación de niños talentos ajedrecistas. Capacitar a entrenadores en su aplicación podría convertirlo en una herramienta ágil y objetiva para la identificación de perfiles atencionales, la personalización de las cargas de entrenamiento mental y el monitoreo objetivo del progreso cognitivo, optimizando así la preparación integral del deportista.

## CONCLUSIONES

El rendimiento en la tarea de la tabla rojinegra de Shulte-Platonov (TRNS-P), operacionalizado como un índice de eficiencia (precisión/tiempo), demostró ser un predictor conductual fuerte y significativo del desempeño en el test de atención d2 en una muestra de niños ajedrecistas.

La aplicación del procedimiento Bootstrap confirmó la robustez estadística de esta relación ( $r_s = 0.85$ , IC95% [0.45, 0.99],  $p=0.042$ ), validando la utilidad de métodos de remuestreo para la inferencia con muestras pequeñas en estudios pilotos.

La combinación de una evaluación cognitiva específica (TRNS-P) con un criterio estandarizado (d2) y una validación estadística robusta (Bootstrap), constituye un marco metodológico prometedor para la evaluación y predicción del rendimiento atencional en contextos de alto rendimiento cognitivo como el ajedrez juvenil.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Brickenkamp, R. (1962). *Aufmerksamkeits-Belastungs-Test (Testd2)*. Göttingen: Hogrefe.
- Chowdhary, S., Iacopini, I. y Battiston, F. (2023). Quantifying human performance in chess. *Scientific Reports*, \*13\*, 2113. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-27735-9>.
- Efron, B. (1979). Bootstrap methods: Another look at the jackknife. *The Annals of Statistics*, 7(1), 1-26. <https://projecteuclid.org/journals/annals-of-statistics/volume-7/issue-1/Bootstrap-Methods-Another-Look-at-the-Jackknife/10.1214/aos/1176344552.full>
- Enke, B. & T. Graeber (2023). Cognitive uncertainty. *The Quarterly Journal of Economics*, 138, 2021-2067. <https://academic.oup.com/qje/article-abstract/138/4/2021/7181327?redirectedFrom=fulltext>
- González-Burgos L, Lozano-Rodríguez C, Molina Y, García-Cabello E, Aciego R, Barroso J and Ferreira D (2024) The effect of chess on cognition: a graph theory study on cognitive data. *Frontiers in Psychology*. 15:1407583. doi: 10.3389/fpsyg.2024.1407583.
- Miyake, A., Friedman, N. P., Emerson, M. J., Witzki, A. H., Howerter, A., & Wager, T. D. (2000). The unity and diversity of executive functions and their contributions to complex "frontal lobe" tasks: A latent variable analysis. *Cognitive Psychology*, 41(1), 49-100. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10945922/>
- Nanu, C. C., Coman, C., Bularca, M. C., Mesesan-Schmitz, L., Gotea, M., Atudorei, I., Turcu, I., & Negrila, I. (2023). The role of chess in the development of childrenparents' perspectives. *Frontiers in psychology*, 14, 1210917. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1210917>.

- Ratcliff, R., & Childers, R. (2015). Individual differences and fitting methods for the two-choice diffusion model. *Decision*, 2(4), 237–279. <https://doi.org/10.1037/dec0000030>
- Shi, Y., Guo, X., Zhang, X., & Ding, J. (2025). A refined Bootstrap procedure for high dimensional factor-augmented regression models. *Statistical Analysis and Data Mining*. <https://doi.org/10.1111/stan.70019>
- Stegariu, V. I., Abalasei, B. A., & Stoica, M. (2022). A Study on the Correlation between Intelligence and Body Schema in Children Who Practice Chess at School. *Children*, 9(4), 477. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35455521/>
- Stegariu, V. I., Abălășei, B. A., Onose, R. M., & Popescu, L. (2023). A study on the correlation between intelligence and spatial orientation in children who practice chess at school. *BRAIN. Broad Research in Artificial Intelligence and Neuroscience*, 14(4), 458-478. <https://doi.org/10.18662/brain/14.4/516>
- Szczepańska, A., & Kaźmierczak, R. (2022). The Theoretical Model of Decision-Making Behaviour Geospatial Analysis Using Data Obtained from the Games of Chess. *International journal of environmental research and public health*, 19(19), 12353. <https://doi.org/10.3390/ijerph191912353>.
- Uskoković V. (2023). Natural sciences and chess: a romantic relationship missing from higher education curricula. *Heliyon*. [https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440\(23\)02222-3.pdf](https://www.cell.com/heliyon/pdf/S2405-8440(23)02222-3.pdf).
- Varmann, L.; Mouriño, H. (2024). Clustering Empirical Bootstrap Distribution Functions Parametrized by Galton–Watson Branching Processes. *Mathematics* 2024, 12, 2409. <https://doi.org/10.3390/math12152409>
- Ye, Y. (2025). Research on the application of chess teaching in the intellectual development of young children: analysis of educational models and strategies. *Front. Psychol.* 16: 1592247. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1592247.

Williams, MJ, Palace, M, Welsh, JC and Brooks, SJ. (2025). Neural correlates of chess expertise: a systematic review of brain imaging studies comparing expert versus novice players. *Brain Mechanisms*. 148–150. 202516.  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S3050642525000326>

Zou, G. Y. (2007). Toward using confidence intervals to compare correlations. *Psychological Methods*, 12(4), 399–413.  
<https://doi.org/10.1037/1082989X.12.4.399>.

***Conflicto de intereses:***

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

***Contribución de los autores:***

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Reconocimiento-No Comercial  
Compartir igual 4.0 Internacional

Copyright (c) 2026 *Oswaldo León Bravo, Zuyin Hernández Almeida, Lázaro Antonio Bueno Pérez*