



Facultad de Psicología y Logopedia
Universidad de La Laguna

CARACTERIZACIÓN NEUROPSICOLÓGICA Y NEUROCOGNITIVA DEL JUGADOR EXPERTO DE AJEDREZ, UNA REVISIÓN TEÓRICA.

Trabajo Fin de Grado de Psicología

**Israel López López
Ramón Izquierdo Peraza**

**Tutorizado por:
Dr. Enrique García Marco**

**Departamento: Psicología Básica
Universidad de La Laguna
Curso académico: 2022/2023**

Resumen

El ajedrez es un juego de mesa que ha sido ampliamente estudiado por las neurociencias, especialmente por sus aplicaciones al estudio estructural y funcional del cerebro y, consecuentemente, sus aplicaciones educativas. El objetivo de esta revisión es determinar qué diferencia estructural y cognitivamente a un experto ajedrecista de un novato, para lo que se ha realizado una búsqueda sistemática mediante la Biblioteca Virtual de Salud (BVS). Se encontraron 18 artículos para analizar, de ellos se excluyeron 8 por no estudiar la población objetivo o no estar disponibles. Los jugadores contaban con un mínimo de 2000 en el ranking Elo en toda la bibliografía revisada, lo que equivale al título de experto. En la bibliografía encontrada se utilizaba resonancia magnética, registros de movimientos oculares y tareas comportamentales, hallándose áreas especializadas que correlacionan con la práctica de ajedrez. Estructuralmente destacan: tálamo, corteza caudal media o corteza superior izquierda del parietal. En conectividad funcional, parte de la FPN, sistema límbico, red por defecto o red atencional. Estos cambios estructurales y funcionales se asocian a ventajas en percepción, procesamiento cognitivo, toma de decisiones o regulación emocional que explicarían su desempeño.

Palabras clave: Ajedrez, características neuropsicológicas, resonancia magnética, expertos, funciones cognitivas.

Abstract

Chess is a board game that has been widely studied by neurosciences, especially for its applications to the structural and functional study of the brain and, consequently, its educational applications. The aim of this review is to determine what structurally and cognitively differentiates an expert chess player from a novice, for which a systematic search was carried out using the Virtual Health Library (BVS). Eighteen articles were found for analysis, of which 8 were excluded because they did not study the target population or were not available. The players had a minimum Elo ranking of 2000 in all the literature reviewed, which is equivalent to the title of expert. In the bibliography found, MRI, eye movement recordings and behavioral tasks were used, finding specialized areas that correlate with chess practice. Structurally, the thalamus, medial caudal cortex or left superior parietal cortex stand out. In functional connectivity, part of the FPN, limbic system, default network or attentional network. These structural and functional changes are associated with advantages in

perception, cognitive processing, decision making or emotional regulation that would explain their performance.

Key words: Chess, neuropsychological aspects, magnetic resonance, experts, cognitive functions.

1. Introducción

El ajedrez es un juego de estrategia ampliamente reconocido y popular, cuyo origen exacto aún genera debate . Lo que sí es seguro es que lleva practicándose por personas de todo el mundo desde hace ya varios siglos. Se ha convertido en lo que muchos consideran un deporte con categorías profesionales y altamente competitivas así como diferentes federaciones en un amplio abanico de nacionalidades. Destaca por su capacidad para desarrollar habilidades cognitivas y cerebrales. Esto hace de los jugadores profesionales una población interesante para el estudio de la estructura cerebral y sus funciones (Wang et al., 2020)

Ha sido históricamente reconocido por los profesionales de las neurociencias como campo de interés para el estudio por su complejidad intelectual. Esto se debe en gran medida a que los jugadores más expertos de ajedrez han sido entrenados durante largos periodos de tiempo. Para determinar el nivel de un ajedrecista se utiliza un sistema de puntuación Elo. El Elo es un criterio estadístico que dice el nivel del jugador, donde se consideraría desde novato a un jugador de 500, expertos a partir de los 2000 (todas las poblaciones de los estudios revisados tienen como mínimo esta categoría) y finalmente para considerar Gran Maestro se requieren los 2500 de Elo (Bilalic et al., 2011). El estudio a nivel cognitivo de los ajedrecistas profesionales permite estudiar con facilidad procesos como, por un lado, la memoria, atención, percepción, resolución de problemas o velocidad de procesamiento, (Duan et al., 2014) y, por otro, a nivel neuroanatómico y funcional las características que puedan cambiar gracias a habilidades particulares (Song et al., 2020a, citado en Song et al., 2020b).

La mayoría de bibliografía en esta población, aplica Resonancia Magnética Funcional (fMRI) (Duan et al., 2014; Song et al., 2020a, citado en Wang et al., 2020). Aunque para su estudio también se pueden aplicar técnicas como el registro de movimientos oculares (Sheridan y Reingold, 2014) . Estas técnicas se pueden usar o bien en reposo o acompañadas de tareas a nivel comportamental, como podrían ser: el registro de una partida de ajedrez, puzzles de ajedrez, tareas de razonamiento espacial, identificación de estímulos, razonamiento matemático (Bilalic et al., 2011 ; Bilalic, 2016). O diversas tareas que puedan dar un registro sobre las aptitudes que podrían diferenciar a expertos de novatos.

La resonancia magnética funcional (fMRI) es una técnica de neuroimagen no invasiva que se utiliza para detectar cambios en el flujo sanguíneo cerebral

relacionados con la actividad neuronal (Vaghela, Kesavadas y Bejoy, 2010). La fMRI puede ayudar a los investigadores a comprender cómo el cerebro humano procesa información en situaciones de alta complejidad cognitiva, como el ajedrez (Wang et al., 2020). Al observar los patrones de actividad cerebral en los jugadores de ajedrez, los investigadores pueden identificar las áreas del cerebro que se activan durante el juego y comprender cómo estas áreas interactúan para producir un comportamiento específico. Además, la fMRI también puede ser utilizada para comparar la actividad cerebral de jugadores de diferentes niveles de habilidad (Bilalic et al., 2011 ; Bilalic, 2016).

Con el objetivo de medir el grosor cortical se utilizan medidas como Fractal dimension (FD) o el gyrification index (GI) . Fractal dimension (o dimensión fractal en español) es un sistema de medida no-lineal derivado de la geometría fractal que cuantifica la autosimilitud, una medida para la descripción de superficies irregulares (Trevisan et al., 2022). Por otro lado, gyrification index (índice de girificación en español) se define como el ratio desde el área de la superficie pial hasta el área de superficie del casco cortical o el contorno exterior del cerebro (Trevisan et al., 2022).

Las técnicas de registro de movimientos oculares se usan para determinar la velocidad de detectar información de los participantes (Sheridan y Reingold, 2014).

Entre los diversos paradigmas conductuales que se pueden utilizar destacan tareas de localización de piezas, diferenciación entre patrones (por ejemplo entre estímulos de ajedrez y caras mediante el paradigma del reconocimiento facial). También se incluyen tareas de reconocimiento como el *check task*, que consiste en la detección de jaques en tableros de ajedrez. Los tableros de ajedrez usados en las investigaciones bien pueden ser extraídos de bases de datos de partidas previas o completamente aleatorizados como tarea control para asegurar que la superioridad de los expertos no se explique por la memorización de partidas previas (Bilalic et al., 2011 ; Bilalic, 2016; Sheridan et al., 2014).

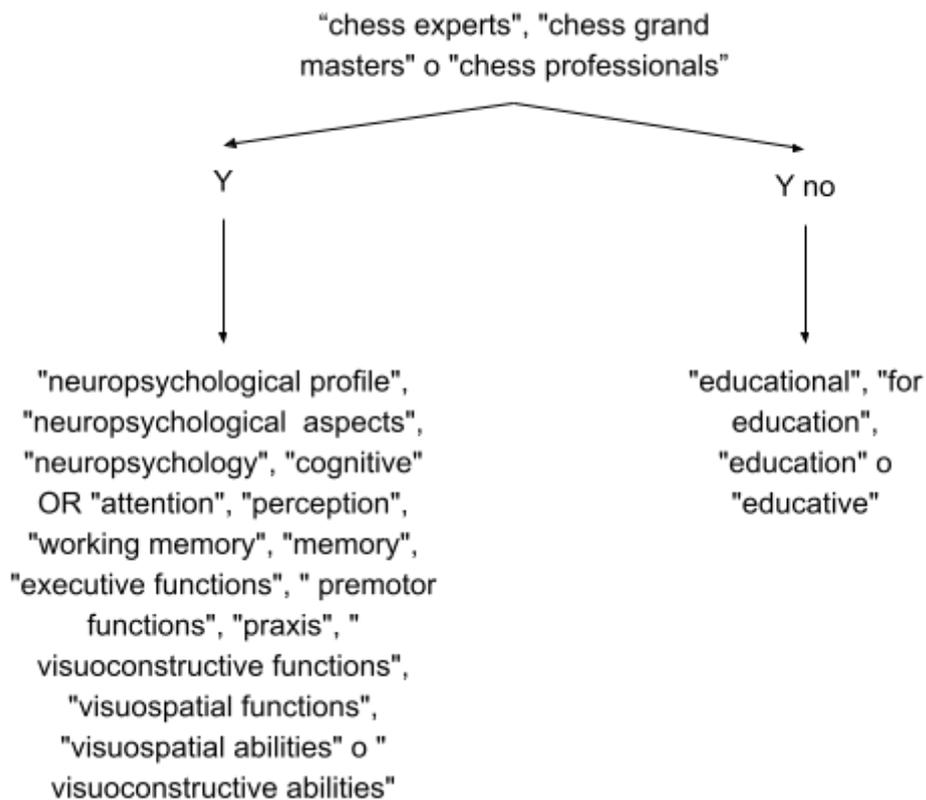
Este trabajo tiene como objetivo hacer una revisión teórica de las investigaciones realizadas a lo largo de la historia para sintetizar lo que diferencian el perfil neuropsicológico y neurocognitivo de un jugador profesional de ajedrez del resto de la población. La revisión se centrará por tanto en el análisis de las habilidades cognitivas implicadas en el juego de ajedrez así como en la identificación de las características neuroanatómicas de un buen jugador.

2. Método

Para poder realizar esta revisión teórica se hizo uso de la base de datos del Portal Regional de la BVS (Biblioteca Virtual en Salud). En cuanto a la búsqueda realizada y la selección y cribado de los artículos se realizó una búsqueda que contuviera los términos más ajustados al tema del trabajo posibles. Para ello, se usaron una serie de palabras clave, todas ellas en inglés ya que consideramos que así saldrían más artículos en la búsqueda.

Figura 1:

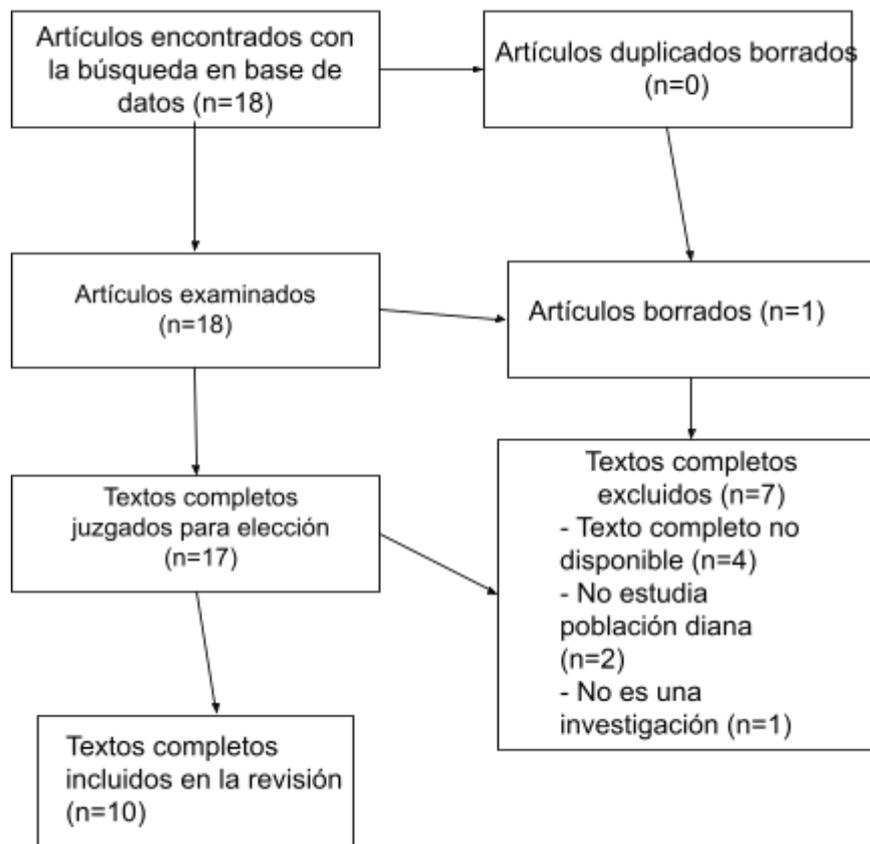
Diagrama de flujo criterios de búsqueda



Tras aplicar los criterios de búsqueda se obtuvieron un total de 18 resultados en forma de estudios. Ninguno de ellos estaba duplicado por lo que se procedió con el primer cribado de lectura de los títulos, donde se descartó uno de ellos debido a que trataba sobre el juego de mesa Badul (Go). A continuación se pasó a la lectura de cada uno de los textos, encontrándonos con que cuatro de ellos eran de pago o no estaban disponibles, por lo que se descartaron. Otros dos estudiaban poblaciones diferentes a la diana y uno se trataba de una revisión de expertos. Por ello finalmente se seleccionaron 10 artículos para la revisión siguiendo el protocolo PRISMA (Moher et al., 2015) (Véase en Figura 2)

Figura 2:

Diagrama de flujo PRISMA de la búsqueda bibliográfica.



3. Resultados

La mayoría de los jugadores de los estudios son profesionales de ajedrez. Los grupos de profesionales y novatos que se han utilizado para los experimentos los componen entre veinte y treinta participantes aunque hay excepciones en algunos estudios. Bilalic et al. (2011) en sus tres experimentos tomó una muestra de entre seis y ocho participantes, aumentando dicha cifra en su estudio del año 2016, donde utilizó 16 expertos y 19 novatos. La edad promedio de los participantes de estos estudios se encuentra entre 25 y 30 años. Por otro lado, el Elo de los jugadores profesionales seleccionados supera los 2000 en todos los experimentos revisados, aunque se pueden destacar algunos en los que han elegido expertos de +2200 de Elo. En los experimentos realizados por Song et al. (2020a), utiliza 28 profesionales con 2408.95 de Elo promedio, los mismos que más adelante recopiló en el realizado por Song et al. (2020b). Se contó con una muestra de 250 expertos y 259 novatos.

3.1. Resultados de neuroimagen:

En el lóbulo frontal se detectó menor grosor cortical en: corteza caudal media derecha e izquierda del frontal, “pars orbitalis” (Área 47 de Brodmann) izquierda, giro superior izquierda del frontal y corteza del lóbulo paracentral (izquierda) (Ouellette et al., 2020). Trevisan et al. (2022) encontraron que en comparación con los novatos, los jugadores de ajedrez profesionales muestran valores significativamente más altos de FD en el opérculo frontal izquierdo y en el opérculo precentral.

Hubo un menor grosor cortical en el lóbulo parietal en la corteza superior izquierda del parietal, giro supramarginal derecho e izquierdo, precúneo (izquierda) (Ouellette et al., 2020). Trevisan et al. (2022) encontraron volumen significativamente más bajo de FD en el lóbulo parietal inferior (derecha).

En cuanto al lóbulo occipital se obtuvo menor grosor cortical en: corteza de asociación visual izquierda (V2) (Ouellette et al., 2020). Hubo mayor GI en giro cingulado medio (Trevisan et al., 2022)

En el lóbulo temporal Trevisan et al. (2022) encontraron menor GI en surco temporal superior. En los estudios de Bilalic et al. (2011) y Bilalic (2016) se halló una mayor activación por parte de los expertos del área fusiforme facial, siendo más notoria esta activación cuando se trataba de posiciones aleatorizadas, exceptuando la tarea de nombrar piezas de ajedrez. (Song et al., 2020) descubrieron una mayor fuerza de conexión funcional en la zona del giro fusiforme posterior derecho en jugadores de ajedrez.

En lo que se refiere al tálamo, en su investigación, Wang et al. (2020) encontraron unos niveles de volumen de materia gris significativamente más bajos en expertos, correlacionando positivamente y de manera moderada con el nivel de ajedrez. Existe una correlación negativa y de valor moderado entre volumen del tálamo y cantidad de tiempo de entrenamiento profesional

Por último, a nivel de conectividad funcional, se han identificado conexiones subred mejoradas en Grandes Maestros y Maestros en comparación con los novatos. Comprendiendo el ganglio basal, tálamo, lóbulo temporal medio y varias áreas temporales y parietales (Duan et al., 2014). (Ouellette et al., 2020) encontró una diferencia significativa en la conectividad funcional en la corteza caudal media izquierda (con las regiones: supramarginal izquierda y derecha, precentral izquierda y opérculo frontal izquierdo), la corteza de asociación visual izquierda (V2) (con la parte izquierda del giro lingual) y el giro superior izquierdo del frontal (con el córtex

prefrontal dorsomedial, córtex cingulado anterior y región rostral media derecha). Se detectaron una menor cantidad de conexiones funcionales entre el hemisferio derecho de la corteza insular (CI1.R) y el giro angular del hemisferio izquierdo (AG.L) en jugadores profesionales, aunque han aumentado la interacción mutua entre ellos (Song et al., 2020a). Los expertos tienen aumentado el número de conexiones entre la sub región ventral-anterior y el giro temporal superior derecho (Song et al., 2020b). Wang et al. (2020) descubrieron una mayor conectividad entre el tálamo y la red frontoparietal en los jugadores profesionales chinos. Para finalizar, Premi et al. (2020), usando cinco patrones de conectividad encontraron una mayor fluidez dinámica. Esto debido a que ocuparon un mayor número de meta-estados y tuvieron más cambios entre estos meta-estados. También se obtuvo un mayor rango dinámico y un mayor número de desplazamientos sucesivos entre meta-estados. Por otra parte, no se encontraron diferencias entre expertos y novatos en lo que se refiere al span (extensión) de meta-estados. No hubo correlación entre el entrenamiento diario y los meta-estados. Tampoco se vio correlación significativa entre el nivel educacional y los meta-estados.

3.2 Resultados comportamentales:

Sheridan y Reingold (2014) descubrieron en 8 problemas experimentales de diferenciación de estímulos relevantes-irrelevantes con tableros de ajedrez una mayor capacidad detectando información relevante en jugadores profesionales (Ver figura 3 en Anexos).

Se encontró una mayor velocidad media en profesionales en tareas de ajedrez (Bilalic et al. 2011 ; Bilalic, 2016; Sheridan y Reingold, 2014)). El *one-back task*, *check task*, *knight task*, *dot task*, *threats task*, y la tarea de caballos y alfiles fueron las tareas empleadas por Bilalic et al., (2011) y Bilalic (2016). Consistían en reconocimiento de patrones previos (*one-back task*), reconocimiento de jaque en ajedrez (*check task* y *threats task*), reconocimiento de estímulos sin patrones (*knight task*, *dot task* y tarea de caballos y alfiles). En todas las se demostró una mayor velocidad media en la respuesta de los expertos. En la tarea con piezas aleatorias se vieron mayores dificultades en los expertos en comparación con tableros sacados de una base de datos Bilalic et al. (2011). Sheridan y Reingold (2014) encontraron una mayor exactitud en el movimiento en comparación con los novatos. No se hallaron diferencias en la velocidad de reconocimiento de caras y figuras geométricas ni en la tarea control, la cual no tiene reglas de ajedrez.

4. Discusión

En los últimos años se han realizado diferentes estudios con profesionales en los que se mide la estructura y el funcionamiento cerebral a través de técnicas de neuroimagen y de diferenciación comportamental.

4.1 . Estudios estructurales

En los estudios sobre el lóbulo frontal, se encontró menor grosor cortical y valores más altos de FD. Las áreas cerebrales con menor grosor podrían estar relacionadas con la adaptación al procesamiento cognitivo del ajedrez, mientras que las regiones con valores más altos de FD en jugadores profesionales podrían reflejar mayor complejidad estructural y conexiones neuronales eficientes. El menor grosor cortical en la corteza caudal media derecha se relaciona con mejor atención orientada. En la corteza caudal media izquierda se asocia con mejora en la recuperación episódica. En el caso del área 47 de Brodmann puede estar relacionado con una mejora en la toma de decisiones estratégicas. El giro superior izquierdo del frontal se asocia con una mejor planificación y memoria de trabajo, y la corteza del lóbulo paracentral izquierda se relaciona con una mejora en la coordinación motora y control de los movimientos (Ouellette et al., 2020). Trevisan et al. (2022) encontraron un incremento en FD en FOP5 izquierda (opérculo frontal), que se correlaciona con la edad de inicio del entrenamiento de ajedrez. Esta área está involucrada en el aprendizaje visuomotor, la selección de alternativas y el mantenimiento y aplicación de las reglas (Trevisan et al., 2022). Recientemente también se ha relacionado la región con tareas relacionales cognitivamente complejas (Trevisan et al., 2022).

En el lóbulo parietal, los resultados sugieren adaptaciones estructurales relacionadas con las demandas cognitivas en expertos (Ouellette et al., 2020). El menor grosor cortical en la corteza superior izquierda del parietal se relaciona con una mejora en la orientación espacial, procesamiento intensivo de metas y atención visomotora. El giro supramarginal derecho se asocia con una mejor orientación visoespacial, planificación motora y razonamiento deductivo, mientras que el giro supramarginal izquierdo se vincula con un mejor razonamiento deductivo y orientación visoespacial. Las variaciones de grosor en el precúneo izquierdo están relacionadas con mejoras en la memoria visoespacial, capacidad de crear imágenes mentales e integrar información (Ouellette et al., 2020). El decremento de FD en el

área 7 m, localizada en el lóbulo parietal y el precúneo, podría explicarse por sus funciones relacionadas con el procesamiento espacial (Ouellette et al., 2020).

En el lóbulo occipital los cambios explicarían mejoras en procesamiento visual. El mayor GI en el giro cingulado medio puede estar asociado con una mayor eficiencia cognitiva y toma de decisiones. Según Ouellette et al. (2020), la reducción de la corteza de asociación visual izquierda (V2) se relaciona con una mejora en las representación de imágenes mentales visuales. Esto podría suponer una mejora en las habilidades para visualizar y manipular mentalmente las posiciones y movimientos del tablero de ajedrez.

En el lóbulo temporal el área del surco temporal superior podría estar asociada a una mejor orientación espacial, un mejor procesamiento intensivo de los objetivos y una mejora en la atención visomotora (Ouellette et al., 2020).

En el tálamo, Wang et al. (2020) encontraron afectación del volumen de materia gris (menos volumen en expertos), relacionado con la experiencia y el tiempo de entrenamiento profesional. Hay una correlación negativa entre el volumen del tálamo y el tiempo en meses de entrenamiento. El tálamo está involucrado en procesamiento viso-espacial, atención y memoria de trabajo, asociado con la adquisición de habilidades cognitivas de alto nivel. Estas aptitudes ayudan a los jugadores de ajedrez a percibir mejor los patrones, recuperar tableros de la memoria a largo plazo y, en base a ello, decidir cuáles serían los mejores movimientos (Wang et al. 2020).

4.2. Estudios funcionales

La resonancia magnética funcional en reposo de Wang et al. (2020) mostró una mayor integración funcional entre el tálamo y diversas áreas cerebrales en expertos en comparación con novatos. Forman parte de la red conocida como FPN (fronto parietal network), que está implicada en el control atencional, asignación de recursos neuronales y procesos ejecutivos como la planificación y ejecución motora. El ajedrez demanda a los jugadores considerar la posición actual y las estrategias del oponente para tomar decisiones óptimas. Estos procesos están relacionados con la FPN y pueden involucrar tanto la memoria a largo plazo como el razonamiento de las intenciones del oponente. El tálamo desempeña un papel importante en el aprendizaje, la plasticidad cerebral y la regulación del neocórtex. (Wang et al. 2020).

Duan et al. (2014) encontró conexiones más fuertes entre el ganglio basal, el tálamo y varias áreas parietales y temporales en expertos en comparación con novatos, lo que respalda los resultados de Wang et al. (2020). Estas áreas forman parte del sistema límbico, que desempeña un papel importante en el aprendizaje, la memoria, la motivación, la planificación y la cognición para el desarrollo de comportamientos con metas dirigidas. El ganglio basal está asociado con el procesamiento basado en reforzamiento de ensayo y error, así como en la formación y ejecución de hábitos (Duan et al. 2014). Premi et al. (2020) también hallan áreas cerebrales fortalecidas mediante la práctica del ajedrez en expertos. Coinciden con mayor conectividad funcional en el ganglio basal y giro fusiforme y añaden la red por defecto (default mode network) y la red atencional (Song et al., 2020a citado en Premi et al. 2020). Áreas que, por sus funciones, refuerzan la idea de que los expertos tienen una superioridad en la simulación y planificación del mejor movimiento posible apoyándose de sus esquemas sobre patrones de ajedrez (Premi et al. 2020).

Premi et al. (2020) no encontró una correlación directa entre el dinamismo cerebral y la cantidad de tiempo dedicado al entrenamiento, lo que contradice los resultados de Wang et al. (2020) y Trevisan et al. (2022). Según los autores de Premi et al. (2020) esto podría deberse al pequeño tamaño de la muestra utilizado en el estudio de Premi et al. (2020)

En cuanto a la conectividad funcional hallada por Ouellette et al. (2020), se vieron tres regiones corticales que habían mejorado su conectividad significativamente. Existen conexiones mejoradas entre corteza caudal media izquierda (recuperación episódica) y supramarginal izquierda (orientación espacial, procesamiento intensivo de metas y atención visomotora) y derecha (orientación visoespacial y razonamiento deductivo), precentral izquierda (Ouellette et al., 2020) y opérculo frontal izquierdo (aprendizaje visuomotor, la selección de alternativas y el mantenimiento y aplicación de las reglas) (Ouellette et al., 2020 ; Trevisan et al., 2022), esto puede ser integrador ya que se encuentra conectividad entre áreas especializadas (de menor grosor cortical). Además, ambos estudios encuentran la importancia del opérculo frontal. También se encontró una mayor conectividad entre el área visual izquierda (V2) y el giro lingual derecho, el cual se asocia con memoria visual y contrasta con la superioridad de los expertos en procesamiento visual (Sheridan y Reingold, 2014 citado en Ouellette et al. 2020) El giro superior frontal

izquierdo (parte del córtex prefrontal dorsomedial o DMPFC) tiene conexiones funcionales más fuertes con otras tres regiones prefrontales. Con su parte del hemisferio derecho, una zona del área 9 de Brodmann (giro frontal medio derecho) y la corteza anterior cingulada derecha (ACC). Según Ouellette et al. (2020), el DMPFC se conecta con el área motora caudal suplementaria, lo que puede servir a los expertos para recibir información contextual y esquemática.

El estudio realizado por Song et al. (2020a) reveló que los jugadores profesionales de ajedrez presentaron una menor cantidad de conexiones funcionales entre la subregión dorsal-anterior derecha (CI1.R) y el giro angular izquierdo (AG.L), aunque se observó un aumento en la interacción mutua entre estas dos regiones. Esto se asocia con una mejora en la atención visoespacial y el procesamiento de la memoria semántica y auditiva.

En el estudio realizado por Song et al. (2020b), se encontró que los jugadores expertos en ajedrez presentaban un aumento en el número de conexiones entre la sub región ventral-anterior y el giro temporal superior derecho, lo cual también se relaciona con una mejora en la atención visoespacial.

Los estudios realizados por Bilalic et al. (2011), Bilalic (2016) y Song et al. (2020b) proporcionan información sobre la activación y la conexión funcional en el área fusiforme facial y giro fusiforme posterior derecho. Esta área del cerebro está asociada con el reconocimiento y procesamiento de caras y objetos, lo que sugiere que los jugadores de ajedrez expertos pueden mostrar una mejora en dichos procesos. El FFA podría contribuir a un rendimiento mayor de los expertos al potenciar la generación automática de patrones en la percepción visual. (Bilalic et al., 2011) y una mayor velocidad de respuesta reflejada en las tareas conductuales, sean con piezas de ajedrez o con puntos (Bilalic et al., 2011 ; Bilalic, 2016). Sin embargo, los expertos no mostraron diferencias en el reconocimiento de caras y figuras geométricas, ni en la tarea control sin reglas de ajedrez o similares.

En el estudio de Sheridan y Reingold (2014) los jugadores profesionales tuvieron un mejor desempeño en la detección de información relevante. Se respalda la idea de que la experiencia en ajedrez y las habilidades cognitivas desarrolladas a través de la práctica intensiva pueden mejorar la capacidad de los jugadores para reconocer patrones, evaluar posiciones y tomar decisiones estratégicas informadas. Hay que tener en consideración que los expertos, después de miles de horas de entrenamiento tienen almacenados multitud de configuraciones de piezas de ajedrez

en la memoria en forma de chunks (Sheridan y Reingold, 2014). Esto podría suponer una ventaja de codificación perceptiva que haga a los expertos capaces de procesar las configuraciones de ajedrez en términos de memoria y no de características individuales sobresalientes producto de la evaluación de todos los movimientos posibles (Sheridan y Reingold, 2014)

Estos hallazgos resaltan la plasticidad cerebral asociada con la práctica del ajedrez y revelan cambios en áreas cerebrales clave involucradas en la percepción, el procesamiento cognitivo, la toma de decisiones estratégicas, la regulación emocional y la fluidez dinámica en los meta-estados durante el juego de ajedrez.

5. Conclusiones

Los profesionales del ajedrez, por su entrenamiento en un juego exigente a nivel cognitivo han desarrollado habilidades cerebrales y cognitivas que les hace un perfil neuropsicológico relevante en el estudio neurocientífico.

Las estructuras más relacionadas con su desempeño son: tálamo, corteza caudal media y corteza superior izquierda del parietal/precúneo (izquierda).

En redes funcionales destacan: parte de la FPN, sistema límbico y red por defecto y red atencional

Los jugadores expertos tienen ventaja en tareas con tableros de ajedrez y tareas control que no tienen piezas sino puntos en la detección de información relevante y toma de decisiones.

No muestran ventaja en la velocidad de reconocimiento de caras y figuras ni en tareas control sin reglas de ajedrez o similares.

De forma convergente se demuestra que mejores resultados correlacionan positivamente con el nivel del jugador.

Como limitación se destaca la falta de estudios comportamentales estandarizados para un perfil cognitivo adaptado a los resultados estructurales.

Por último, por su papel en neuroplasticidad y consecuente mejora en habilidades cognitivas específicas, el ajedrez podría resultar de una herramienta interesante en el ámbito educativo.

Referencias

- Bilalić, M. (2016). Revisiting the Role of the Fusiform Face Area in Expertise. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(9), 1345-1357. https://doi.org/10.1162/jocn_a_00974
- Bilalić, M., Langner, R., Ulrich, R., & Grodd, W. (2011). Many Faces of Expertise:

- Fusiform Face Area in Chess Experts and Novices. *The Journal of Neuroscience*, 31(28), 10206-10214.
<https://doi.org/10.1523/jneurosci.5727-10.2011>
- Duan, X., Long, Z., Chen, H., Liang, D., Qiu, L., Huang, X., Liu, T. C., & Gong, Q. (2014). Functional organization of intrinsic connectivity networks in Chinese-chess experts. *Brain Research*, 1558, 33-43.
<https://doi.org/10.1016/j.brainres.2014.02.033>
- Moher, D., Shamseer, L., Clarke, M., Ghersi, D., Liberati, A., Petticrew, M., Shekelle, P., & Stewart, L. A. (2015). Preferred reporting items for systematic review and meta-analysis protocols (PRISMA-P) 2015 statement. *Systematic Reviews*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/2046-4053-4-1>
- Ouellette, D., Hsu, D. L., Stefancin, P., & Duong, T. Q. (2020). Cortical thickness and functional connectivity changes in Chinese chess experts. *PLOS ONE*, 15(10), e0239822. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0239822>
- Premi, E., Gazzina, S., Diano, M., Girelli, A., Calhoun, V. D., Iraj, A., Gong, Q., Li, K., Cauda, F., Gasparotti, R., Padovani, A., Borroni, B., & Magoni, M. (2020). Enhanced dynamic functional connectivity (whole-brain chronnectome) in chess experts. *Scientific Reports*, 10(1).
<https://doi.org/10.1038/s41598-020-63984-8>
- Sheridan, H., & Reingold, E. M. (2014). Expert vs. novice differences in the detection of relevant information during a chess game: evidence from eye movements. *Frontiers in Psychology*, 5. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2014.00941>
- Song, L., Ge, Y., Long, J., & Dong, P. (2020a). Altered Intrinsic and Casual Functional Connectivities of the Middle Temporal Visual Motion Area Subregions in Chess Experts. *Frontiers in Neuroscience*.
<https://doi.org/10.3389/fnins.2020.605986>
- Song L., Peng Q., Liu S., Wang J. (2020b). Changed hub and functional connectivity patterns of the posterior fusiform gyrus in chess experts. *Brain Imag. Behav.* 14 797–805. 10.1007/s11682-018-0020-0
- Trevisan, N., Jaillard, A., Cattarinussi, G., De Roni, P., & Sambataro, F. (2022). Surface-Based Cortical Measures in Multimodal Association Brain Regions Predict Chess Expertise. *Brain Sciences*, 12(11), 1592.
<https://doi.org/10.3390/brainsci12111592>
- Vaghela V, Kesavadas C, Thomas B. Functional magnetic resonance imaging of the

brain: a quick review. *Neurol India*. 2010 Nov-Dec;58(6):879-85. doi: 10.4103/0028-3886.73735. PMID: 21150054.

Wang, Y., Zuo, C., Wang, D., Tao, S., & Hao, L. (2020). Reduced Thalamus Volume and Enhanced Thalamus and Fronto-Parietal Network Integration in the Chess Experts. *Cerebral Cortex*, 30(10), 5560-5569. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhaa140>

Anexos

Tabla 1

Características del estudio

Artículo, año	Nº de experimento	Participantes	Metodología	Resultados
Bilalic et al. 2011	I	7 profesionales \bar{X} elo 2117, \bar{X} edad 30 8 Novatos: \bar{X} edad 28	Paradigma del reconocimiento facial. One-back task Resonancia magnética funcional	Comportamentales: ↑ Velocidad media = Velocidad caras Neuroimagen: ↑ Activación FFA en ajedrez
	II	7 profesionales \bar{X} elo 2117, \bar{X} edad 30 7 Novatos: \bar{X} edad 29	Check task, knight task y dot task Resonancia magnética funcional	Comportamentales: ↑ Velocidad media ↑ Dificultades con piezas aleatorias Neuroimagen: ↑ Activación FFA en todas las tareas ↑ Activación FFA en posiciones aleatorias que normales
	III	6 profesionales \bar{X} elo 2114, \bar{X} edad 31 7 Novatos: \bar{X} edad 29	Threats task. Caballos y alfiles y tarea control (sin reglas de ajedrez) Resonancia magnética funcional	Comportamentales: ↑ Velocidad media en las tareas = Velocidad tarea control Neuroimagen: ↑ Activación FFA en todas las tareas ↑ Activación FFA en posiciones aleatorias que normales

Bilalic 2016	I	16 profesionales \bar{X} elo 2061, \bar{X} edad 25.9 19 novatos: \bar{X} edad 29	1-back task Resonancia magnética funcional	Comportamentale s: ↑ Velocidad estímulos ajedrez Neuroimagen: ↑ Activación FFA con posiciones de ajedrez = Activación FFA observando piezas
	II	12 profesionales \bar{X} elo 2140, \bar{X} edad 27.2 13 novatos: \bar{X} edad 28.8	Check task Identity task Dos tareas control Resonancia magnética funcional	Comportamentale s: ↑ Velocidad en tareas de ajedrez = Velocidad formas geométricas Neuroimagen: = Activación FFA
Duan et al. 2014		20 profesionales +2200 ELO, \bar{X} edad 25.45 20 novatos	Resonancia magnética funcional Análisis gráficos teóricos	↑ Conectividad funcional ganglio basal-tálamo-lóbul o temporal medio y varias áreas parietales y temporales
Ouellett e et al. 2020		29 profesionales +2200 elo \bar{X} edad= 29 29 novatos \bar{X} edad= 26	Resonancia magnética estructural Resonancia magnética funcional	↓ Grosor cortical en 10 regiones ↑ Conectividad funcional con regiones cerebrales distantes en 3 de las regiones
Premi et al. 2020		18 profesionales \bar{X} edad 27.5 20 novatos \bar{X} edad 25.4	Resonancia magnética funcional Análisis de componente independiente espacial Correlación de	↑ Fluidez dinámica ↑ Cambios entre meta-estados ↑ Rango dinámico ↑ Desplazamientos sucesivos entre meta-estados

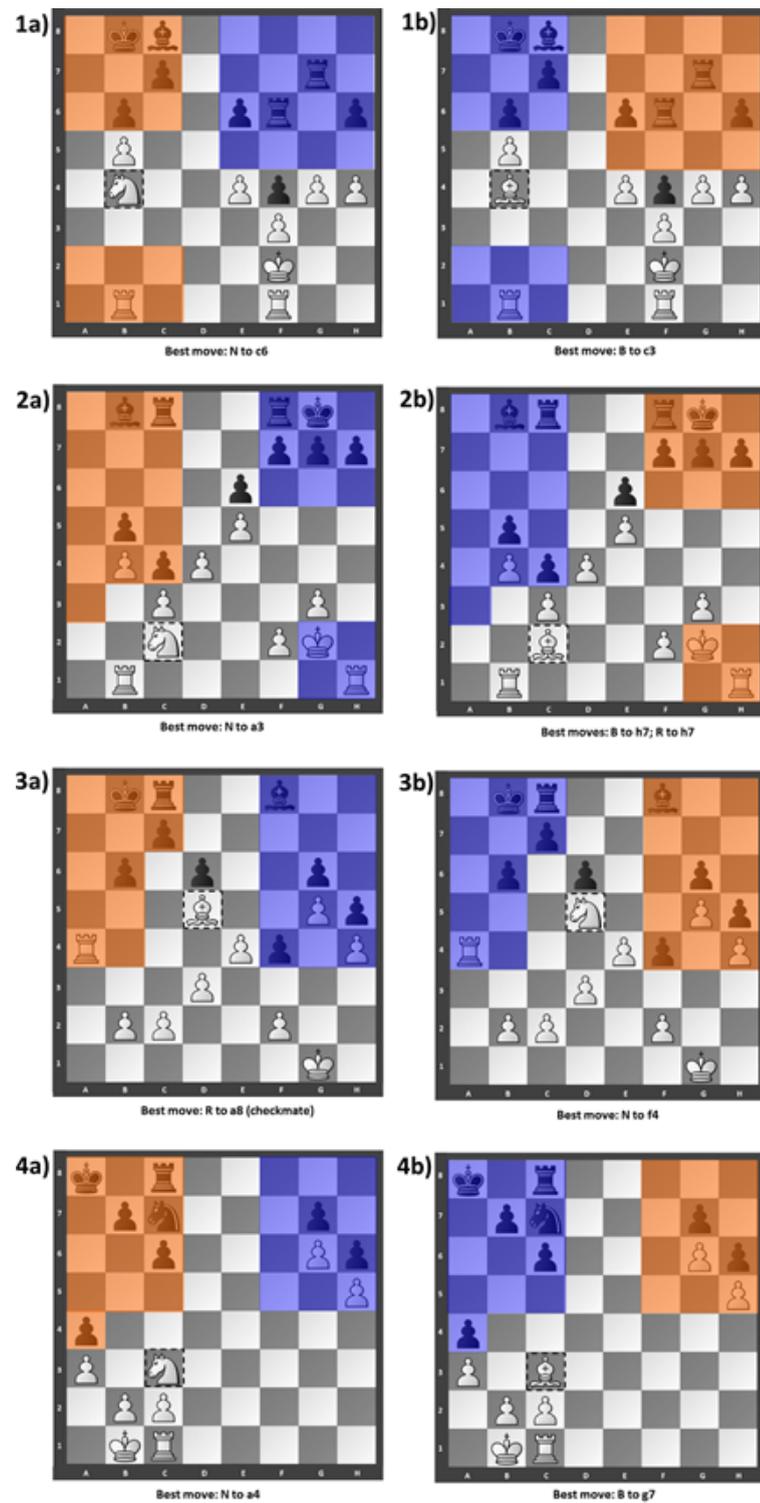
			deslizamiento tiempo-ventana a Aproximaciones de metaestado a la fMRI	= extensión de meta-estados = correlación entrenamiento diario y meta-estados = correlación entre nivel educacional y meta-estados
Sheridan y Reingold, 2014	17 profesionales 2223 \bar{X} elo \bar{X} edad 30 24 novatos \bar{X} edad 27	8 problemas experimentales de ajedrez Registros de movimientos visuales		↑ Exactitud en movimiento ↑ Velocidad de reacción ↑ Velocidad estímulos mitad derecha ↑ Detectando información relevante
Song, et al. 2020a	28 profesionales 2408.95 \bar{X} elo \bar{X} edad 27.64 27 novatos \bar{X} edad 26.37	Resonancia magnética funcional Causalidad de Granger		↓ Conexiones funcionales C11.R-AG.L ↑ Conexiones funcionales C12.R-GTSD ↑ Interacción mutua AG.L-C11.R
Song et al. 2020 b	28 profesionales 2408.95 \bar{X} elo \bar{X} edad 27.64 27 novatos \bar{X} edad 26.37	Resonancia magnética funcional Análisis de conectividad funcional		↑ FCS GFPD ↑ FC: GFPD-atención visuoespacial-redes motoras
Trevisan et al. 2022	29 profesionales 2401 \bar{X} elo \bar{X} edad 28.72 29 novatos \bar{X} edad 25.76	Resonancia magnética estructural		↑ FD en opérculo frontal izquierdo y opérculo precentral r+ con años de entrenamiento ↓ FD en lóbulo parietal inferior derecho ↑ GI en giro cingulado medio

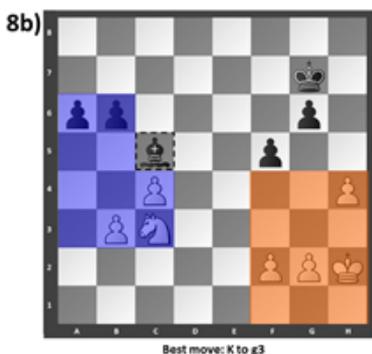
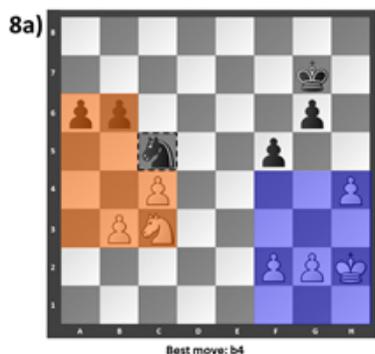
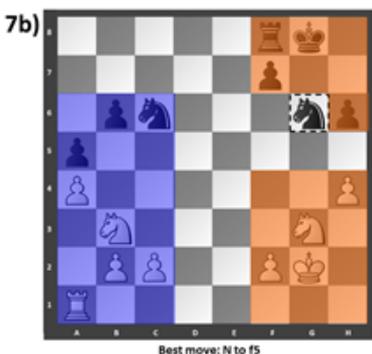
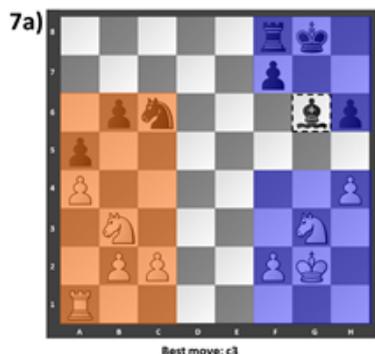
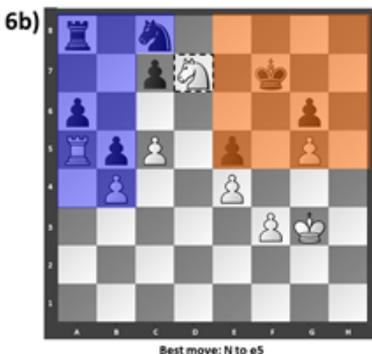
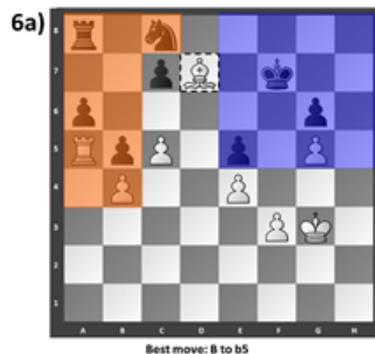
				↓ GI en surco temporal superior
Wang et al. 2020		26 profesionales \bar{X} edad 28.50 29 novatos \bar{X} edad= 25.76	1. Resonancia magnética funcional en reposo 2. Resonancia magnética estructural	↓ Volumen MG en tálamo r+ Volumen MG en máscara del tálamo y nivel de ajedrez r- Volumen del tálamo y tiempo de entrenamiento ↑ Conectividad FPN -Tálamo

Nota: FFA: área fusiforme facial, SWT: small world topology, CI1.R: right dorsal-anterior subregion, AG.L: Giro angular izquierdo, CI2.R: right ventral-anterior MT subregion, GTSD: Giro temporal superior derecho, FCS: functional connectivity strength, GFPD: Giro fusiforme posterior derecho, FC: functional connectivities, FD: fractal dimension, GI: gyrification index, MG: materia gris y FPN: fronto-parietal network.

Figura 3

Experimento conductual de Sheridan y Reingold (2014)





Nota: Las regiones relevantes están pintadas de naranja, las irrelevantes en azul (los tableros no estaban pintados durante el experimento). Las regiones que fueron relevantes en el par "A" de problemas eran irrelevantes en el par "B". Cada versión del problema difería sólo por una pieza (la rodeada por una línea de puntos). Siempre movía blancas. El mejor movimiento posible aparece debajo de cada imagen.