

Relación entre el entrenamiento musical, la memoria de trabajo y la comprensión verbal en adolescentes entre 12 y 14 años

Relationship between musical training, working memory, and verbal comprehension in adolescents aged 12 to 14 years

por

María Angélica Benítez

Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva (LINC). Centro de Investigación en Neurociencias y Neuropsicología (CINN)- Universidad de Palermo (UP) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
mariabenitez@conicet.gov.ar

Daniela González

Colegio San Antonio, Chile
danielagonzalezcosta@gmail.com

Nadia Justel

Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva (LINC). Centro de Investigación en Neurociencias y Neuropsicología (CINN)- Universidad de Palermo (UP) - Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Argentina
nadiajustel@conicet.gov.ar

La investigación en torno a la relación entre el cerebro y la música se ha enfocado, en los últimos años, en comprender cómo la práctica musical activa puede generar cambios duraderos en diversas funciones cognitivas. Estudios comparativos entre poblaciones con y sin entrenamiento musical han examinado si dicha formación propicia la transferencia de habilidades adquiridas en el ámbito musical hacia otros dominios, estén o no relacionados con la música. Como resultado, se han observado efectos beneficiosos en el rendimiento cognitivo de personas con entrenamiento musical, incluso en áreas no estrictamente musicales. A pesar de estos hallazgos, aún existe una brecha en el conocimiento acerca de cómo el entrenamiento musical impacta de manera específica la memoria de trabajo y la comprensión verbal en adolescentes. Con el propósito de profundizar en este aspecto, el presente estudio evaluó el impacto de un programa de orquesta juvenil de la Provincia de Buenos Aires, Argentina, en la memoria de trabajo y la comprensión verbal, mediante pruebas estandarizadas aplicadas a adolescentes de 12 a 14 años. Se llevó a cabo un estudio transversal que comparó dos grupos de adolescentes, uno con entrenamiento musical y otro sin él. Los resultados mostraron diferencias significativas a favor del grupo con entrenamiento musical en las pruebas de dígitos directos e inversos, así como en las subpruebas de comprensión verbal (semejanzas, vocabulario y comprensión). No se encontraron diferencias significativas en el resto de las pruebas. Estos hallazgos sugieren que el programa de orquesta juvenil contribuye al desarrollo cognitivo en ciertos aspectos, lo cual podría

tener implicaciones positivas en el desempeño académico y, eventualmente, en el ámbito profesional de los participantes.

Palabras clave: Entrenamiento musical; memoria de trabajo; comprensión verbal; adolescentes.

Recent research on the relationship between the brain and music has increasingly focused on understanding how active musical practice can produce lasting changes in various cognitive functions. Comparative studies of populations with and without musical training have examined whether such training fosters the transfer of music-related skills to other domains, regardless of their direct connection to music. As a result, beneficial effects on cognitive performance have been observed among individuals with musical training, even in areas not strictly related to music. Despite these findings, there is still a gap in our understanding of how musical training specifically affects working memory and verbal comprehension in adolescents. To address this issue, the present study evaluated the impact of a youth orchestra program in the Province of Buenos Aires, Argentina, on working memory and verbal comprehension, using standardized tests administered to adolescents aged 12 to 14 years. A cross-sectional study was conducted comparing two groups of adolescents—one with musical training and one without. The results showed significant differences favoring the musically trained group in both forward and backward digit span tests, as well as in the verbal comprehension subtests (Similarities, Vocabulary, and Comprehension). No significant differences were found in the remaining tests. These findings suggest that the youth orchestra program contributes positively to certain aspects of cognitive development, which may, in turn, have favorable implications for academic performance and, potentially, future professional endeavors.

Keywords: Musical training; working memory; verbal comprehension; adolescents.

1. INTRODUCCIÓN

El entrenamiento musical constituye una experiencia multisensorial que requiere un procesamiento simultáneo y coordinado de elementos sonoros y rítmicos, implicando mecanismos de procesamiento perceptual de alto orden y coordinación sensoriomotora fina. Este tipo de entrenamiento demanda una integración precisa de información sensorial y motora, acompañada de un monitoreo riguroso del rendimiento (Crisuolo *et al.*, 2019; Münte, Altenmüller y Jäncke 2002).

La música, considerada como una forma de arte universal, ha sido apreciada por la humanidad desde la antigüedad (Levitin 2006). Su práctica y estudio no solo generan efectos positivos en el bienestar emocional y estético, sino también se ha constatado que benefician la cognición humana (Fauvel *et al.* 2014; Strait *et al.* 2014; Zhang 2018). La plasticidad cerebral, un proceso dinámico y adaptativo del cerebro, es uno de los mecanismos subyacentes a este efecto. Este mecanismo, también conocido como neuroplasticidad, alude a la capacidad del cerebro para cambiar y adaptarse en respuesta a nuevas experiencias, aprendizajes y estímulos (Pascual-Leone *et al.* 2005; Yamashita *et al.*, 2022; Zatorre, Fields y Johansen-Berg 2012). Este proceso puede ocurrir tanto a nivel sináptico, con el refuerzo o debilitamiento de las conexiones entre neuronas, como a nivel macroscópico, con cambios en la organización y estructura de áreas cerebrales (Jaschke 2019; May 2011).

Se ha demostrado que la exposición a la música y la práctica de instrumentos musicales pueden incrementar la plasticidad cerebral y generar cambios significativos en la estructura y función cerebral (Botella-Nicolás y Retamero-García 2024; Herholz y Zatorre 2012; Münte, Altenmüller y Jäncke 2002). Estos cambios pueden ser especialmente notables en áreas relacionadas con la audición, el procesamiento temporal y la atención (Schlaug *et al.* 2005; Zatorre, Chen y Penhune 2007).

Asimismo, la práctica orquestal, una forma intensiva y especializada de entrenamiento musical, ha demostrado inducir modificaciones neuroplásticas significativas tanto en la estructura como en la función cerebral. Estudios como el de Sluming *et al.* (2007), revelan que los músicos orquestales profesionales muestran un rendimiento superior en tareas de rotación mental tridimensional, una habilidad visoespacial no musical. Este estudio destaca un aumento

significativo de la activación en el área de Broca, una región del cerebro tradicionalmente asociada con el lenguaje, pero que en este caso parece subvencionar la cognición visoespacial en músicos, lo que sugiere una reorganización funcional del cerebro debido a la práctica musical intensiva. Además, otro estudio encontró un aumento en la densidad de la materia gris en el área de Broca de los músicos de orquesta, lo que sugiere que la práctica orquestal no solo afecta la función cerebral, sino también su anatomía. Estos hallazgos son consistentes con la idea de que el entrenamiento musical intensivo, como el que experimentan los músicos de orquesta, puede resultar en una reestructuración significativa y especialización de ciertas áreas cerebrales (Ashburner 2002). Estos estudios subrayan la capacidad del cerebro para adaptarse y reorganizarse en respuesta a experiencias y entrenamientos específicos, como la práctica orquestal, destacando la increíble plasticidad del cerebro humano (Welch 2021).

Además, estudios de neuroimagen han revelado que los músicos poseen un mayor volumen de corteza auditiva, así como un engrosamiento de áreas vinculadas a la atención y al procesamiento de información auditiva en comparación con no músicos (Gaser y Schlaug 2003; Hyde *et al.* 2009). Además, se ha constatado que el entrenamiento musical puede incrementar la conectividad entre regiones cerebrales, lo que sugiere que la práctica de un instrumento musical puede tener efectos a largo plazo en la organización funcional del cerebro (Steele *et al.* 2013).

Dentro de las investigaciones en el campo de la neurociencia de la música, diversos estudios han examinado la relación entre el entrenamiento musical y la memoria de trabajo (Moreno *et al.* 2011; Chen *et al.* 2022; Talamini, Carretti y Grassi 2016), la cual es una capacidad cognitiva esencial para el aprendizaje y el desempeño académico en general, dado que permite mantener y manipular información en la mente a corto plazo (Baddeley 2012). En este sentido, un estudio descubrió que los músicos profesionales tienen un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo que los no músicos (Talamini, Carretti y Grassi 2016). Además, una investigación más reciente halló que los músicos profesionales poseen una mejor capacidad de memoria de trabajo verbal que los no músicos (Pallesen *et al.* 2010).

No obstante, existen estudios que sugieren que el entrenamiento musical no produce un efecto beneficioso en la memoria de trabajo (Chobert *et al.* 2014; Zuk *et al.* 2018). Un estudio realizado en 2013 halló que este tipo de formación no mejoró la memoria de trabajo en adolescentes (Allen, Hill y Heaton 2013). Además, aunque hay una cantidad significativa de investigaciones acerca de la relación entre el entrenamiento musical y la memoria de trabajo en adultos, es notable la escasez de estudios que examinen esta relación en adolescentes. La memoria de trabajo es especialmente importante durante la adolescencia, ya que es un período crítico para el desarrollo cognitivo, incluyendo el procesamiento de información y la toma de decisiones (Klingberg 2010). Por lo tanto, es esencial entender si estos efectos también se extienden a los adolescentes.

Otra habilidad que ha sido objeto de investigación en relación con el entrenamiento musical es la comprensión verbal (Hannon y Trainor 2007; Moreno *et al.* 2011). Esta se refiere a la capacidad de entender y utilizar el lenguaje hablado y escrito, lo cual es crucial para la adquisición de conocimientos y habilidades (Sofologí *et al.* 2022). Algunos estudios han demostrado una asociación positiva entre la formación musical y la comprensión verbal (Costa y Nazaré 2021; François *et al.* 2013). Por ejemplo, un estudio con adolescentes reveló que la práctica musical se relaciona positivamente con el rendimiento en una prueba de comprensión verbal (Schellenberg 2011). Otro estudio encontró que los músicos experimentados tenían una mejor comprensión verbal que los no músicos (Strait *et al.* 2014).

Sin embargo, existen investigaciones que sugieren que el efecto del entrenamiento musical en las habilidades verbales podría ser limitado. Un estudio realizado por Jakobson, Cuddy y Kilgour (2008) no encontró un efecto significativo del entrenamiento musical en la capacidad de comprensión verbal de las personas. Asimismo, otro estudio llevado a cabo por Moreno *et al.* (2011) halló que el entrenamiento musical mejoró la capacidad de los participantes para

reconocer el tono y la inflexión del habla, pero no tuvo un efecto significativo en su habilidad para comprender las palabras.

La comprensión verbal es una habilidad fundamental para el éxito académico y laboral. Los adolescentes que presentan dificultades para comprender el lenguaje hablado o escrito pueden enfrentar obstáculos significativos en su educación y en su futura carrera profesional (Snowling y Hulme 2012). Por tanto, comprender la relación entre el entrenamiento musical y la comprensión verbal en adolescentes podría tener implicaciones importantes para la educación y la salud pública (Miendlarzewska y Trost 2014).

En consecuencia, el objetivo de este estudio es explorar la posible relación entre el entrenamiento musical, la memoria de trabajo y la comprensión verbal en adolescentes de entre 12 y 14 años¹. Se espera que los resultados de este estudio proporcionen información valiosa acerca del posible papel de la música en el desarrollo cognitivo y educativo de los adolescentes (Alam y Mohanty 2023).

2. MATERIALES Y MÉTODO

2.1. Participantes

En la investigación participó un total de 37 adolescentes con edades comprendidas entre los 12 y 14 años, que asistieron a clases regulares en tres escuelas públicas de la provincia de Buenos Aires, las que aplican el currículum escolar del Ministerio de Educación de la Provincia de Buenos Aires. El grupo estuvo compuesto de 17 varones y 20 mujeres.

De la población estudiada, 19 adolescentes (8 varones y 11 mujeres) con una edad media de 12.73 años ($DE = 0.74$) participaron en el Programa Orquestas y Coros del Bicentenario de la provincia de Buenos Aires. Este programa incluía clases particulares de instrumento durante dos horas a la semana para los participantes (10 especializados en instrumentos de cuerda, 6 en instrumentos de viento y 3 adolescentes especializados en instrumentos de percusión), además de un ensayo de orquesta semanal. Los participantes asistieron de forma constante durante un periodo de entre dos y cinco años. Este grupo se consideró el grupo experimental del estudio, ya que tenían experiencia en entrenamiento musical. El grupo control, sin entrenamiento musical, estaba compuesto por 18 adolescentes escolarizados, con una edad promedio de 12.64 ($DE = 0.73$). Es importante destacar que ninguno de los participantes presentaba diagnóstico de dificultades del habla o déficit atencional, y todos eran monolingües del idioma español.

2.2. Instrumentos

2.2.1. Cuestionario sociodemográfico

Se diseñó un cuestionario *ad hoc* para el registro de participantes, que se utilizó para identificar si estos tenían o no formación musical previa. Además, se registró el nivel de escolaridad de los padres (primaria, secundaria, universitario o posgrado), así como el tipo de empleo o actividades domésticas y el sueldo promedio mensual.

2.2.2. Memoria de trabajo

2.2.2.1. Dígitos directo e inverso

La prueba consistió en dos tareas independientes de aplicación: dígitos directos y dígitos inversos. En la tarea de dígitos directos, se leyó a cada adolescente una secuencia de números

¹ Este estudio es parte de un proyecto de Tesis de Maestría que se llevó a cabo con autofinanciamiento.

que el participante debía repetir en el mismo orden. En la tarea de dígitos inversos, se leyó a cada adolescente una secuencia de números que el participante debía repetir en orden inverso.

El sub-test “Dígitos” tiene una presentación oral y está diseñado para medir la memoria auditiva a corto plazo y la habilidad para secuenciar la atención y la concentración (Wechsler 2010). Según Wechsler (2010), la retención de dígitos directos involucra la memoria y el aprendizaje de la repetición mecánica, la atención, la codificación y el procesamiento auditivo. Por otro lado, la retención de dígitos inversos involucra la memoria operativa, la transformación de información, el manejo mental, la imaginación, la flexibilidad cognitiva y la alerta mental.

2.2.2.2. *Letras y números*

Esta es una subprueba en la que cada adolescente debió repetir oralmente una secuencia de letras y números combinados, primero los números en orden ascendente y luego las letras en orden alfabético. Esta tarea implicó la formación de secuencias, el manejo mental de la información, la atención, la memoria auditiva a corto plazo, la formación de imágenes visoespaciales y la velocidad de procesamiento (Wechsler 2010).

2.2.2.3. *Cubos de Corsi*

Esta prueba estaba constituida por nueve cubos que se encontraban dispuestos de manera irregular sobre un tablero rectangular. La evaluadora tocó un subconjunto de bloques en un orden predeterminado mientras el participante observaba. Inmediatamente después, el participante debió repetir el orden de golpeo tal como se presentó. El número de bloques golpeados en secuencia aumentaba progresivamente con cada secuencia repetida correctamente. La prueba concluyó cuando el participante no logró reproducir una determinada secuencia de toques. Este estudio permitió completar la evaluación de la memoria de trabajo, aportando información de la retención visoespacial (Arce y McMullen 2021).

2.2.3. *Comprensión verbal*

2.2.3.1. *Semejanzas*

Se presentaron dos palabras que representaban objetos comunes y el adolescente tenía que describir verbalmente en qué eran similares. Esta tarea permitió medir el razonamiento verbal y la formación de conceptos, además de la comprensión auditiva, la memoria, la distinción entre características esenciales y secundarias y la expresión verbal (Wechsler 2010).

2.2.3.2. *Vocabulario*

Esta subprueba contó con ítems gráficos y verbales. En los ítems gráficos, cada adolescente tuvo que nombrar verbalmente los dibujos que se presentaron en el cuaderno de estímulos, mientras que, en los verbales, el adolescente tuvo que definir verbalmente las palabras que se le leyeron en voz alta. Este sub-test fue diseñado para medir el conocimiento de palabras y la formación de conceptos verbales, tanto a través de la percepción visual como de la comprensión auditiva. Mide la riqueza de conocimientos, la capacidad de aprendizaje, la memoria de largo plazo y el grado de desarrollo lingüístico (Wechsler 2010).

2.2.3.3. *Comprensión*

Esta prueba tenía una modalidad de pregunta y estaba diseñada para que el adolescente respondiera verbalmente, basándose en la comprensión de una serie de principios generales y situaciones sociales, para qué servía o qué tenía de bueno un concepto u objeto. Midió la formación de conceptos y el razonamiento verbal, la expresión y la comprensión verbal, la habilidad para evaluar y utilizar la experiencia y la capacidad para manejar información práctica (Wechsler 2010).

2.3. Procedimiento

Antes del inicio del estudio, se llevó a cabo una reunión entre los padres y la psicóloga de la escuela correspondiente para explicar los objetivos del estudio. Se presentó a la evaluadora responsable de administrar las tareas a los participantes, y se explicó que las tareas de memoria y comprensión verbal formaban parte de un manual estandarizado cuyos resultados serían anónimos, salvo para la investigadora responsable. Además, se indicó que las tareas se realizarían en un único día en cada escuela, con una duración aproximada de 35 minutos, y que en caso de que los participantes presentaran fatiga, cansancio o se negaran a continuar, se interrumpiría la tarea. Cada padre o tutor que aceptó la participación de sus hijos firmó un consentimiento informado en el que se autorizaba la realización de las pruebas del índice de memoria de trabajo y comprensión verbal de la batería WISC-IV (Wechsler 2010) y la tarea de cubos de Corsi (Corsi 1972). Además, completaron un cuestionario sociodemográfico. Conjuntamente, se solicitó el asentimiento de cada participante.

Posteriormente, se evaluó la memoria de trabajo y la comprensión verbal de cada participante mediante las pruebas mencionadas anteriormente. Las tareas se realizaron durante el horario de clases en un ambiente silencioso y sin distracciones, con una duración promedio de 30 a 35 minutos, aunque varió según la edad y el rendimiento de cada participante, de acuerdo con los criterios de suspensión establecidos para cada sub-test. El proceso fue supervisado por una psicóloga de cada escuela. Se permitió a los participantes tomar descansos o interrumpir la tarea en caso de fatiga o deseo de hacerlo. Cada participante realizó las tareas de manera individual.

2.4. Análisis de datos

Los resultados del estudio fueron analizados mediante el software estadístico *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS), empleando la prueba de normalidad de Shapiro Wilk para determinar el uso de estadísticas paramétricas o no paramétricas (seleccionando finalmente pruebas no paramétricas); además, se utilizó el estadístico Chi cuadrado para evaluar las variables sociodemográficas, específicamente el ingreso total del hogar y el sexo biológico de los participantes, con relación a los dos grupos de adolescentes, con y sin entrenamiento musical; y el estadístico U de Mann-Whitney para analizar las variables cuantitativas, correspondientes a la escolaridad de los padres, los ingresos individuales de cada padre y madre, y la suma de las subpruebas de memoria de trabajo y comprensión verbal realizadas por los participantes.

3. RESULTADOS

3.1. Datos sociodemográficos

No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en cuanto a la edad de los participantes ($U = 169.5, p = .963$), la escolaridad del padre ($U = 133.5, p = .221$), la escolaridad de la madre ($U = 143.5, p = .359$), los ingresos del padre ($U = 171, p = 1.0$), los ingresos de la madre ($U = 159.5, p = .699$) o los ingresos totales del hogar ($U = 159.5, p = .723$). Tampoco se encontraron diferencias significativas en relación con el sexo biológico de los participantes ($X^2 = .232, p = .630$) o el trabajo reportado por los padres ($X^2 = 8.9, p = .254$). Estos resultados permiten concluir que las muestras de ambos grupos eran similares.

3.2. Memoria de trabajo

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos, demostrando un mejor desempeño del grupo entrenado en música en las pruebas de dígitos directos ($U = 38.5, p < .0001$) y dígitos inversos ($U = 51.5, p < .0001$). Sin embargo, no se observaron diferencias significativas en las

pruebas de letras y números ($U = 126.5$, $p = .172$) o en la tarea de cubos de Corsi ($U = 170.5$, $p = .985$). Los resultados se presentan en las Figuras 1 (A y B) y en la Tabla 1 (ver Figura 1 y Tabla 1).

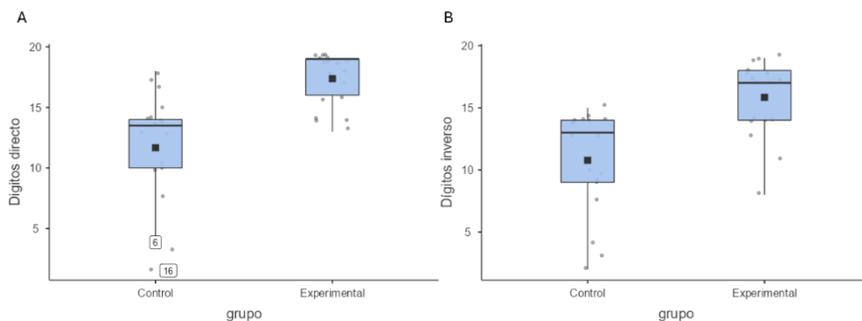


Figura 1. Puntajes alcanzados por los grupos en el sub-test Dígitos Directos (A) e Inversos (B)

Pruebas	Grupos			
	Control		Experimental	
	<i>M</i>	<i>DE</i>	<i>M</i>	<i>DE</i>
Letras y números	9.83	2.45	11.57	3.96
Cubos de Corsi	16.33	4.52	16.63	4.32

Tabla 1. Puntajes alcanzados por los grupos en el sub-test Letras y Números y Cubos de Corsi

3.3. Comprensión verbal

Se encontraron diferencias significativas entre los grupos en cuanto al desempeño en semejanzas ($U = 52$, $p < .0001$), vocabulario ($U = 34.5$, $p < .0001$) y comprensión ($U = 43.5$, $p < .0001$), con un mejor rendimiento en el grupo con entrenamiento musical. Los resultados se pueden observar en las Figuras 2, 3 y 4 (ver Figuras 2, 3 y 4).

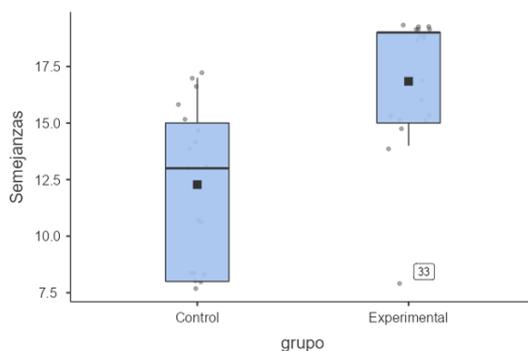


Figura 2. Puntajes alcanzados por los grupos en el sub-test "Semejanzas"

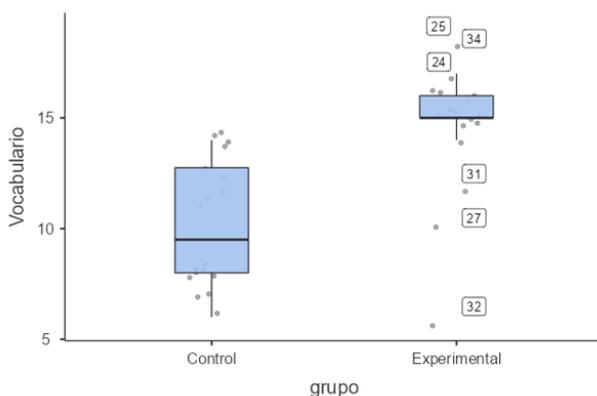


Figura 3. Puntajes alcanzados por los grupos en el sub-test “Vocabulario”

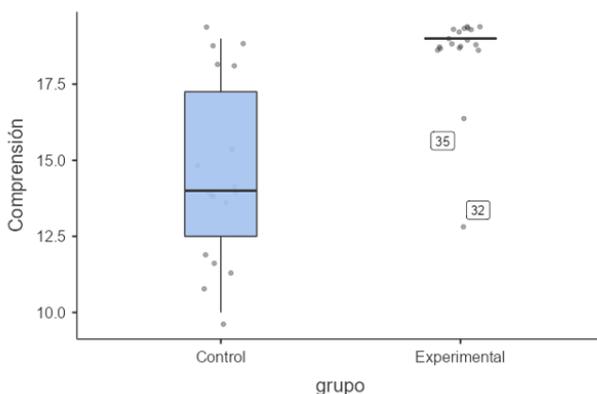


Figura 4. Puntajes alcanzados por los grupos en el sub-test “Comprensión”

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El presente estudio investigó las posibles diferencias entre un grupo de adolescentes con entrenamiento musical y otro sin entrenamiento musical en tareas relacionadas con la memoria de trabajo y la comprensión verbal. Inicialmente, los resultados revelaron que no se detectaron diferencias significativas entre los grupos en las variables sociodemográficas examinadas, lo que sugiere que las muestras de ambos grupos eran comparables en términos de edad, educación de los padres, ingresos familiares y sexo biológico. Este hallazgo es crucial, pues permite afirmar que cualquier diferencia observada en los resultados no se debe a las características intrínsecas de los participantes (Hernández Sampieri, Fernández Collado y Baptista Lucio 2010).

En cuanto a la memoria de trabajo, se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las pruebas de dígitos directos y dígitos inversos. No obstante, no se hallaron diferencias significativas en las pruebas de letras y números, ni en la tarea de cubos de Corsi. Estos resultados replican los hallazgos de un estudio previo realizado por Bugos *et al.* (2007), el cual examinó los efectos del entrenamiento musical en la memoria de trabajo en adultos mayores. De manera consistente con estos hallazgos, otro estudio descubrió que el grupo con

entrenamiento musical superó al grupo sin entrenamiento musical en la tarea de dígitos directos e inversos, aunque no se encontraron diferencias significativas en la tarea de letras y números (Moreno *et al.* 2011). Resultados similares fueron reportados por Pallesen *et al.* (2010) en adultos jóvenes.

Los resultados evidencian una relación entre la memoria de trabajo verbal y el entrenamiento musical, pero no así con la memoria de trabajo visual. Una posible explicación para esta relación radica en que el entrenamiento musical implica el uso intensivo y la práctica de habilidades auditivas y lingüísticas, lo que puede fortalecer y mejorar la memoria de trabajo verbal. En particular, la música involucra el procesamiento de secuencias temporales y la discriminación de tonos y patrones melódicos, habilidades que también son fundamentales en el procesamiento del lenguaje (Patel 2011). Además, aprender a leer partituras y comprender la teoría musical también requiere el uso de la memoria de trabajo verbal, ya que involucra la representación y manipulación de conceptos y estructuras lingüísticas (Besson, Chobert y Marie 2011).

Desde el punto de vista del desarrollo cerebral, la práctica musical puede llevar a cambios estructurales en el cerebro, predominantemente en la red auditorio-motora que subyace al rendimiento musical, incluyendo áreas como la corteza prefrontal dorsolateral (Penhune 2019). Además, la formación musical también puede activar la corteza prefrontal ventrolateral, una región que se ha vinculado con la integración de la información verbal y musical (Pallesen *et al.* 2010). Un estudio de neuroimagen funcional mostró que la práctica musical puede robustecer la conectividad funcional entre la corteza prefrontal ventrolateral y la corteza auditiva, que está relacionada con la codificación y procesamiento de la información verbal y musical (Bhattacharya, Petsche y Pereda 2001). Estos cambios pueden reflejar una mayor eficiencia en la codificación y el almacenamiento de información verbal, lo que podría explicar el mejor rendimiento en tareas de memoria de trabajo verbal en personas con y sin formación musical (Pallesen *et al.* 2010).

Por su parte, la memoria de trabajo visual no parece estar relacionada con el entrenamiento musical de la misma manera que la memoria de trabajo verbal. Aunque algunos aspectos de la práctica musical, como la lectura de partituras, involucran el procesamiento visual, estos procesos no son tan centrales en la música como lo son las habilidades auditivas y lingüísticas. Además, las áreas cerebrales involucradas en la memoria de trabajo visual, como el córtex parietal y occipital, no exhiben los mismos cambios estructurales y funcionales en músicos que las áreas relacionadas con la memoria de trabajo verbal (Kraus y Chandrasekaran 2010).

Varios estudios han demostrado que la memoria de trabajo visual se asocia con la activación de áreas cerebrales como el lóbulo occipital y el lóbulo parietal, mientras que el procesamiento musical involucra áreas como la corteza auditiva y la corteza prefrontal ventrolateral (Inguscio *et al.* 2021; Janata, Tillmann y Bharucha 2002). Además, se ha encontrado que el entrenamiento musical tiene efectos limitados en la memoria de trabajo visual, incluso en casos donde las tareas visuales y musicales son similares. Por ejemplo, un estudio encontró que el entrenamiento musical no mejoró la memoria de trabajo visual en personas con formación musical que se especializaban en la lectura de partituras, a pesar de que la tarea visual era similar a la de la lectura de un texto (François *et al.* 2013). La música y las imágenes visuales son procesadas por diferentes áreas cerebrales, lo que podría explicar la escasa o nula modulación de estas áreas como resultado de una formación musical.

En conclusión, diversos estudios respaldan la afirmación de que el entrenamiento musical puede tener un efecto específico en la memoria de trabajo verbal, pero no en la memoria de trabajo visual. Es importante destacar que estos resultados deben interpretarse con precaución, ya que el efecto del entrenamiento musical en la memoria de trabajo puede depender de múltiples factores, como la edad, el tipo de entrenamiento y la tarea empleada en la evaluación.

En relación con la edad, algunos estudios sugieren que el entrenamiento musical temprano podría tener un impacto más significativo en la memoria de trabajo que el

entrenamiento en etapas posteriores de la vida (Fujioka *et al.* 2006; Schellenberg 2006). Durante la infancia y la adolescencia, el cerebro presenta mayor plasticidad y adaptabilidad, lo que permite una mayor oportunidad para que el entrenamiento musical influya en la estructura y función cerebral (Zatorre, Fields y Johansen-Berg 2012). Además, la investigación ha demostrado que la exposición temprana a la música puede facilitar el desarrollo cognitivo y la adquisición del lenguaje, lo que podría repercutir en la memoria de trabajo (Kraus y Slater 2015).

El tipo de entrenamiento musical también puede afectar el impacto en la memoria de trabajo. Por ejemplo, se ha encontrado que el entrenamiento en la ejecución de instrumentos musicales, como el piano o el violín, puede mejorar la memoria de trabajo en mayor medida que el entrenamiento en habilidades auditivas pasivas, como escuchar música (Pallesen *et al.* 2010). Esto podría deberse a que la ejecución de instrumentos musicales implica una mayor demanda cognitiva, incluyendo la atención, la planificación motora y la coordinación sensoriomotora, lo que podría llevar a cambios más sustanciales en las áreas cerebrales relacionadas con la memoria de trabajo (Herholz y Zatorre 2012).

Por último, la tarea empleada en la evaluación de la memoria de trabajo puede influir en la detección de los efectos del entrenamiento musical. Las tareas de memoria de trabajo varían en términos de complejidad, modalidad (verbal o visual) y dominio (numérico, espacial, etc.; Kane *et al.* 2004). Los estudios que utilizan tareas más relevantes para las habilidades musicales, como tareas de memoria de trabajo verbal o secuencial, pueden ser más sensibles para detectar los efectos del entrenamiento musical en comparación con tareas menos relacionadas, como las de memoria de trabajo visual o espacial (Talamini, Carretti y Grassi 2016).

En relación con la comprensión verbal, el grupo con entrenamiento musical mostró un mejor desempeño en las tareas de semejanzas, vocabulario y comprensión en comparación con el grupo sin formación. Estos resultados replican los de otros estudios que examinaron la relación entre el entrenamiento musical y la comprensión verbal en niños y niñas (Sofologi *et al.* 2022), adultos jóvenes (Kraus *et al.* 2014) y adultos mayores (Zhang *et al.* 2021). Kraus *et al.* (2014) también observó que la duración del entrenamiento musical se asoció positivamente con el rendimiento en estas tareas verbales, mientras que Zhang *et al.* (2021) sugirió que el entrenamiento musical a lo largo de la vida podría proteger contra el declive cognitivo relacionado con la edad y mejorar el rendimiento en tareas verbales.

Esta relación podría explicarse mediante estudios que han encontrado una superposición entre las áreas cerebrales que se activan durante la percepción musical y la comprensión del lenguaje. Por ejemplo, Patel (2021) encontraron que la percepción musical activaba áreas cerebrales que también se activaban durante el procesamiento del lenguaje, incluyendo el giro temporal superior y el giro frontal inferior. De manera similar, se ha descubierto que la producción musical y el lenguaje hablado activan áreas cerebrales similares, incluyendo la corteza motora y premotora. Un estudio realizado por Brown, Martínez y Parsons (2006) encontró que la improvisación musical activaba la corteza premotora y motora, áreas que también se activan durante la producción del habla.

En resumen, aunque la música y el lenguaje son habilidades distintas, comparten mecanismos neuronales y áreas cerebrales comunes. Estos hallazgos sugieren que el entrenamiento musical podría mejorar la percepción y producción del lenguaje, y viceversa, lo cual podría tener importantes implicaciones para el rendimiento académico y profesional de los individuos que han sido formados en música (Besson, Chobert y Marie 2011; Patel 2021). Por ejemplo, habilidades lingüísticas más sólidas pueden facilitar la comprensión de textos, la comunicación oral y escrita, y el aprendizaje de idiomas extranjeros (Schellenberg 2006; Strait *et al.* 2014).

Adicionalmente, es importante mencionar que este estudio presenta algunas limitaciones. En primer lugar, el estudio incluyó únicamente a participantes de una misma ciudad, lo que restringe la generalización de los resultados a otras poblaciones. El acceso a la educación musical y la importancia otorgada a la música en la vida diaria pueden variar entre

países o regiones, lo que podría afectar los efectos del entrenamiento musical en habilidades cognitivas (Sala y Gobet 2020). Además, la diversidad étnica y genética también puede ser un factor relevante para considerar, ya que ciertas características genéticas pueden influir en la predisposición y habilidades musicales de un individuo (Mosing *et al.* 2014). Estudios futuros podrían beneficiarse de la inclusión de participantes de diversas regiones geográficas, culturas y contextos socioeconómicos para incrementar la validez externa y la generalizabilidad de los resultados (Barker *et al.* 2016).

En segundo lugar, el tamaño de la muestra de este estudio fue relativamente pequeño, lo que podría haber afectado la capacidad del estudio para detectar diferencias significativas en algunas de las pruebas (Cohen 1992; Faul *et al.* 2007). Estudios futuros podrían abordar esta limitación incrementando el tamaño de la muestra (Rothman y Greenland 2018). Además, se podría realizar un análisis de potencia *a priori* para determinar el tamaño de muestra adecuado, con el fin de detectar diferencias significativas con un nivel de confianza y poder estadístico predefinidos (Cohen 1992).

Es importante señalar que, al ser este un estudio transversal, no pueden establecerse relaciones causales entre las variables de interés, ya que los datos se recopilaron simultáneamente (Hernán y Robins 2018). Por último, hay que señalar que el cuestionario sociodemográfico fue realizado *ad hoc*, por lo que no cuenta con validación pertinente.

También hemos identificado algunas fortalezas en esta investigación. En primer lugar, se utilizaron medidas estandarizadas y validadas para evaluar las habilidades cognitivas de los participantes, lo que aumenta la confiabilidad de los resultados (Cronbach 1951; Streiner, Norman y Cairney 2015).

En segundo lugar, se incluyó un grupo control adecuado, lo que permitió comparar el desempeño de los participantes entrenados en música con aquellos que no recibieron entrenamiento musical. Esta estrategia permite controlar variables de confusión, aislar el efecto del entrenamiento musical y proporcionar información valiosa acerca de la efectividad relativa de diferentes intervenciones (Durlak 2009). Con relación al grupo control, es relevante considerar que hubiera sido más adecuado contar con un control activo, por ejemplo, adolescentes que realicen tareas grupales que no impliquen a la música, por ejemplo, arte o deportes. Futuros estudios deberían incluir este tipo de control activo.

Este estudio contribuye a la literatura existente sobre el impacto del entrenamiento musical en las habilidades cognitivas y puede proporcionar información útil para el desarrollo de programas de intervención basados en la música. Los resultados del estudio actual sugieren que el entrenamiento musical puede tener efectos específicos en la memoria de trabajo y la comprensión verbal. Si bien los resultados son similares a otros hallados en la literatura, queremos señalar que, en el contexto argentino específicamente, los estudios relacionados con las orquestas en adolescentes y su efecto sobre la cognición son escasos o nulos al momento, por lo cual es de resaltar el aporte del presente trabajo.

A medida que se realicen más investigaciones en este campo, se podrán identificar y comprender mejor los mecanismos subyacentes por los que el entrenamiento musical influye en las habilidades cognitivas. También será relevante explorar si el entrenamiento musical puede tener un impacto en otras áreas cognitivas, como la atención, la toma de decisiones y la creatividad. Además, los estudios longitudinales podrían proporcionar una visión más detallada de los efectos a largo plazo del entrenamiento musical en la cognición y cómo estos efectos pueden cambiar a lo largo del tiempo.

En conclusión, aunque el presente estudio presenta algunas limitaciones, sus resultados contribuyen a la creciente evidencia de que el entrenamiento musical tendría un impacto positivo en ciertas habilidades cognitivas, en particular, en la memoria de trabajo verbal y en la comprensión verbal. Estos hallazgos pueden tener implicaciones importantes para la educación y la práctica musical, así como para la promoción de la salud cognitiva en general.

BIBLIOGRAFÍA

ALAM, ASHRAF Y ATASI MOHANTY

2023 "Music and its effect on mathematical and reading abilities of students: Pedagogy for twenty-first century schools", *Interdisciplinary Perspectives on Sustainable Development. Achieving the SDGs through Education, Wellbeing, and Innovation*. Dimitrios A. Karras, Sai Kiran Oruganti y Sudeshna Rai (editores). Londres: CRC Press, pp. 342-346.

ALLEN, RORY, ELIZABETH HILL Y PAM HEATON

2013 "Hath charms to soothe...": An exploratory study of how high-functioning adults with ASD experience music", *Autism*, XVII/2, pp. 243-260. DOI: 10.1177/1362361307098511

ARCE, TEREKY KIERAN McMULLEN

2021 "The Corsi Block-Tapping Test: Evaluating methodological practices with an eye towards modern digital frameworks", *Computers in Human Behavior Reports*, IV, 100099. DOI: 10.1016/j.chbr.2021.100099

ASHBURNER, JOHN

2002 "Voxel-Based Morphometry Reveals Increased Gray Matter Density in Broca's Area in Male Symphony Orchestra Musicians", *NeuroImage*, XVII/3, pp. 1613-1622. DOI: 10.1006/nimg.2002.1288

BADDELEY, ALAN D.

2012 "Working memory: Theories, models, and controversies", *Annual Review of Psychology*, LXIII, pp. 1-29. DOI: 10.1146/annurev-psych-120710-100422

BARKER, DAVID, PATRICK McELDUFF, CATHERINE D'ESTE Y MICHAEL J. CAMPBELL

2016 "Stepped wedge cluster randomised trials: A review of the statistical methodology used and available", *BMC Medical Research Methodology*, XVI, 69. DOI: 10.1186/s12874-016-0176-5

BESSON, MIREILLE, JULIE CHOBERTY CÉLINE MARIE

2011 "Transfer of training between music and speech: Common processing, attention, and memory", *Frontiers in Psychology*, V/2, 94. DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00094

BHATTACHARYA, JOYDEEP, HELLMUTH PETSCHKE Y ERNESTO PEREDA

2001 "Long-range synchrony in the gamma band: role in music perception", *The Journal of Neuroscience*, XXI/16, pp. 6329-6337. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.21-16-06329.2001

BOTELLA-NICOLÁS, ANA MARÍA E INMACULADA RETAMERO-GARCÍA

2024 "Contribución de la educación musical en el desarrollo de la IE de los adolescentes y su efecto en la variable de género", *Revista Española de Pedagogía*, 8/287, pp. 55-65. DOI: 10.22550/2174-0909.3927

BROWN, STEVEN, MICHAEL J. MARTÍNEZ Y LAWRENCE M. PARSONS

2006 "Music and language side by side in the brain: a PET study of the generation of melodies and sentences", *The European Journal of Neuroscience*, XXIII/10, pp. 2791-2803. DOI: 10.1111/j.1460-9568.2006.04785.x

BUGOS, JENNIFER A., WILLIAM M. PERLSTEIN, CHRISTINA S. MCCRAE, THOMAS S. BROPHY Y PAUL H. BEDENBAUGH

2007 "Individualized piano instruction enhances executive functioning and working memory in older adults", *Ageing & Mental Health*, XI/4, pp. 464-471. DOI: 10.1080/13607860601086504

CHEN, JIEHA, MEIKE SCHELLER, CHUANYU WU, BIYU HU, RONG PENG, CUIHONG LIU, SIYONG LIU, LIWEN ZHU Y JIE CHEN

2022 "The relationship between early musical training and executive functions: Validation of effects of the sensitive period", *Psychology of Music*, L/1, pp. 86-99. DOI: 10.1177/0305735620978690

CHOBERT, JULIE, CLÉMENT FRANÇOIS, JEAN-LUC VELAY Y MICHEL BESSON

2014 "Twelve months of active musical training in 8-to 10-year-old children enhances the preattentive processing of syllabic duration and voice onset time", *Cerebral Cortex*, XXIV/4, pp. 956-967. DOI: 10.1093/cercor/bhs377

COHEN, JACOB

1992 "A power primer", *Psychological Bulletin*, CXII/1, pp. 155–159. DOI: 10.1037//0033-2909.112.1.155

CORSI, PHILIP M.

1972 "Human memory and the medial temporal region of the brain", *Dissertation Abstracts International*, XXXIV/2-B, 891.

COSTA, CÁTIA Y CRISTINA NAZARÉ

2021 "Effect of musical training on auditory memory", *European Journal of Public Health*, XXXI /Supplement_2. DOI: 10.1093/eurpub/ckab120.055

CRISCUOLO, ANTONIO, LEONARDO BONETTI, TEPPO SÁRKÁMÓ, MARINA KLIUCHKO Y ELVIRA BRATTICO

2019 "On the Association Between Musical Training, Intelligence and Executive Functions in Adulthood", *Frontiers in Psychology*, X. DOI: 10.3389/fpsyg.2019.01704

CRONBACH, LEE J.

1951 "Coefficient alpha and the internal structure of tests", *Psychometrika*, XVI, pp. 297–334. DOI: 10.1007/BF02310555

DURLAK, JOSEPH A.

2009 "How to select, calculate, and interpret effect sizes", *Journal of Pediatric Psychology*, XXXIV/9, pp. 917–928. DOI: 10.1093/jpepsy/jsp004

FAUL, FRANZ, EDGAR ERDFELDER, ALBERT G. LANG Y AXEL BUCHNER

2007 "G*Power 3: a flexible statistical power analysis program for the social, behavioral, and biomedical sciences", *Behavior Research Methods*, XXXIX/2, pp. 175–191. DOI: 10.3758/bf03193146

FAUVEL, BAPTISTE, MATHILDE GROUSSARD, JULIEN MUTLU, EIDER M. ARENAZA-URQUIJO, FRANCIS EUSTACHE, BÉATRICE DESGRANGES Y HERVÉ PLATEL

2014 "Musical practice and cognitive aging: two cross-sectional studies point to phonemic fluency as a potential candidate for a use-dependent adaptation", *Frontiers in Aging Neuroscience*, V. DOI: 10.3389/fnagi.2014.00227

FRANÇOIS, CLÉMENT, JULIE CHOBERT, MICHEL BESSON Y DANIELE SCHÖN

2013 "Music training for the development of speech segmentation", *Cerebral Cortex*, XXIII/9, pp. 2038–2043. DOI: 10.1093/cercor/bhs180

FUJIOKA, TAKAKO, BERNHARD ROSS, RYUSUKE KAKIGI, CHRISTO PANTEV Y LAUREL J. TRAINOR

2006 "One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children", *Brain: A Journal of Neurology*, CXXIX/10, pp. 2593–2608. DOI: 10.1093/brain/awl247

GASER, CHRISTIAN Y GOTTFRIED SCHLAUG

2003 "Brain structures differ between musicians and non-musicians", *The Journal of Neuroscience*, XXIII/27, pp. 9240–9245. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.23-27-09240.2003

HANNON, ERIN E. Y LAUREL J. TRAINOR

2007 "Music acquisition: effects of enculturation and formal training on development", *Trends in Cognitive Sciences*, XI/11, pp. 466–472. DOI: 10.1016/j.tics.2007.08.008

HERHOLZ, SIBYLLE C. Y ROBERT J. ZATORRE

2012 "Musical training as a framework for brain plasticity: Behavior, function, and structure", *Neuron*, LXXVI/3, pp. 486–502. DOI: 10.1016/j.neuron.2012.10.011

HERNÁN, MIGUEL A. Y JAMES M. ROBINS

2018 *Causal inference: What if*. Boca Raton (Florida): Chapman and Hall/CRC.

HERNÁNDEZ SAMPIERI, ROBERTO, CARLOS FERNÁNDEZ COLLADO Y PILAR BAPTISTA LUCIO

2010 *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill Interamericana.

- HYDE, KRISTA L., JASON LERCH, ANDREA NORTON, MARIE FORGEARD, ELLEN WINNER, ALAN C. EVANS Y GOTTFRIED SCHLAUG
2009 "Musical training shapes structural brain development", *The Journal of Neuroscience*, XXIX/10, pp. 3019-3025. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009
- INGUSCIO, BLANCA MARIA SERENA, GIULIA CARTOCCI, NICOLINA SCIARAFFA, CLAUDIA NASTA, ANDREA GIORGI, MARIA NICASTRI, ILARIA GIALLINI, ANTONIO GRECO, FABIO BABILONI Y PATRIZIA MANCINI
2021 "Neurophysiological verbal working memory patterns in children: Searching for a benchmark of modality differences in audio/video stimuli processing", *Computational Intelligence and Neuroscience*, MMXXI. DOI: 10.1155/2021/4158580
- JAKOBSON, LORNA S., LOLA L. CUDDY Y ANDREA R. KILGOUR
2003 "Time tagging: A key to musicians' superior memory", *Music Perception*, XX/3, pp. 307-313. DOI: 10.1525/mp.2003.20.3.307
- JANATA, PETR, BARBARA TILLMANN Y JAMSHED J. BHARUCHA
2002 "The cortical topography of tonal structures underlying Western music", *Science*, CCXCVIII/5601, pp. 2167-2170. DOI: 10.1126/science.1076262
- JASCHKE, ARTUR
2019 "Music, Maestro, Please: Thalamic multisensory integration in music perception, processing and production", *Music and Medicine*, XI/2, pp. 98-107. DOI: 10.47513/mmd.v11i2.659
- KANE, MICHAEL J., DAVID Z. HAMBRICK, STEPHEN W. TUHOLSKI, OLIVER WILHELM, TABITHA W. PAYNE Y RANDALL W. ENGLE
2004 "The Generality of Working Memory Capacity: A Latent-Variable Approach to Verbal and Visuospatial Memory Span and Reasoning", *Journal of Experimental Psychology: General*, CXXXIII/2, pp. 189-217. DOI: 10.1037/0096-3445.133.2.189
- KLINGBERG, TORKEL
2010 "Training and plasticity of working memory", *Trends in Cognitive Sciences*, XIV/7, pp. 317-324. DOI: 10.1016/j.tics.2010.05.002
- KRAUS, NINAY BHARATH CHANDRASEKARAN
2010 "Music training for the development of auditory skills", *Nature Reviews Neuroscience*, XI/8, pp. 599-605. DOI: 10.1038/nrn2882
- KRAUS, NINAY JESSICA SLATER
2015 "Music and language: Relations and disconnections", *The Oxford Handbook of Music Psychology*, II, pp. 245-255. DOI: 10.1016/B978-0-444-62630-1.00012-3
- KRAUS, NINA, JESSICA SLATER, ELAINE C. THOMPSON, JANE HORNICKEL, DANA L. STRAIT, TRENT NICOL Y TRAVIS WHITE-SCHWOCH
2014 "Music enrichment programs improve the neural encoding of speech in at-risk children", *The Journal of Neuroscience*, XXXIV/36, pp. 11913-11918. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.1881-14.2014
- LEVITIN, DANIEL J.
2006 *This is your brain on music: The science of a human obsession*. Nueva York: Dutton.
- MAY, ARNE
2011 "Experience-dependent structural plasticity in the adult human brain", *Trends in Cognitive Sciences*, XV/10, pp. 475-482. DOI: 10.1016/j.tics.2011.08.002
- MIENDLARZEWSKA, EWA A. Y WIEBKE J. TROST
2014 "How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables", *Frontiers in Neuroscience*, VII, 279. DOI: 10.3389/fnins.2013.00279
- MORENO, SYLVAIN, ELLEN BIALYSTOK, RALUCA BARAC, E. GLENN SCHELLENBERG, NESTOR J. CEPEDAY TOM CHAU
2011 "Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function", *Psychological Science*, XXII/11, pp. 1425-1433. DOI: 10.1177/0956797611416999

MORENO, SYLVAIN, CATARINA MARQUES, ANDREIA SANTOS, MANUELA SANTOS, SÃO LUÍS CASTRO Y MIREILLE BESSON

2009 "Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity", *Cerebral Cortex*, XIX/3, pp. 712–723. DOI: 10.1093/cercor/bhn120

MOSING, MIRIAM A., GUY MADISON, NANCY L. PEDERSEN, RALF KUJA-HALKOLAY Y FREDRIK ULLÉN

2014 "Practice Does Not Make Perfect: No Causal Effect of Music Practice on Music Ability", *Psychological Science*, XXV/9, pp. 1795–1803. DOI: 10.1177/0956797614541990

MÜNTE, THOMAS F., ECKART ALTENMÜLLER Y LUTZ JÄNCKE

2002 "The musician's brain as a model of neuroplasticity", *Nature Reviews Neuroscience*, III/6, pp. 473–478. DOI: 10.1038/nrn843

PALLESEN, KAREN JOHANNE, ELVIRA BRATTICO, CHRISTOPHER J. BAILEY, ANTTI KORVENOJA, JARI KOIVISTO, ALBERT GJEDDE Y SYNNÖVE CARLSON

2010 "Cognitive control in auditory working memory is enhanced in musicians", *PLoS One*, V/6, e11120. DOI: 10.1371/journal.pone.0011120

PASCUAL-LEONE, ÁLVARO, AMIR AMEDI, FELIPE FREGNI Y LOTFI B. MERABET

2005 "The plastic human brain cortex", *Annual Review of Neuroscience*, XXVIII, pp. 377–401. DOI: 10.1146/annurev.neuro.27.070203.144216

PATEL, ANIRUDDH D.

2011 "Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis", *Frontiers in Psychology*, II, 142. DOI: 10.3389/fpsyg.2011.00142

2021 "Vocal learning as a preadaptation for the evolution of human beat perception and synchronization", *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, CCCLXXVI/1835. DOI: 10.1098/rstb.2020.0326

PENHUNE, VIRGINIA B.

2019 "Musical expertise and brain structure: The causes and consequences of training", *The Oxford Handbook of Music and the Brain*. Michael H. Thaut y Donald A. Hodges (editores). Oxford: Oxford University Press, pp. 417–438.

ROTHMAN, KENNETH J. Y SANDER GREENLAND

2018 "Planning Study Size Based on Precision Rather Than Power", *Epidemiology*, XXIX/5, pp. 599–603. DOI: 10.1097/EDE.0000000000000876

SALA, GIOVANNI Y FERNAND GOBET

2020 "Cognitive and academic benefits of music training with children: A multilevel meta-analysis", *Memory & Cognition*, XLVIII/8, pp. 1429–1441. DOI: 10.3758/s13421-020-01060-2

SCELLENBERG, E. GLENN

2006 "Long-term positive associations between music lessons and IQ", *Journal of Educational Psychology*, XCVIII/2, pp. 457–468. DOI: 10.1037/0022-0663.98.2.457

2011 "Examining the association between music lessons and intelligence", *British Journal of Psychology*, CII/3, pp. 283–302. DOI: 10.1111/j.2044-8295.2010.02000.x

SCHLAUG, GOTTFRIED, ANDREA NORTON, KATIE OVERY Y ELLEN WINNER

2005 "Effects of music training on the child's brain and cognitive development", *Annals of the New York Academy of Sciences*, MMLX, pp. 219–230. DOI: 10.1196/annals.1360.015

SLUMING, VANESSA, JONATHAN BROOKS, MATTHEW HOWARD, JOHN J. DOWNES Y NEIL ROBERTS

2007 "Broca's Area Supports Enhanced Visuospatial Cognition in Orchestral Musicians", *Journal of Neuroscience*, XXVII/14, pp. 3799–3806. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.0147-07.2007

SNOWLING, MARGARET J. Y CHARLES HULME

2012 "Interventions for children's language and literacy difficulties", *International Journal of Language & Cognition*

- Communication Disorders*, XLVII/1, pp. 27-34. DOI: 10.1111/j.1460-6984.2011.00081.x
- SOFOLOGI, MARIA, PAPATZIKIS, EFTHYMIOS PAPATZIKIS, GEORGIOS KOUGIOUMTZIS, ELENI KOSMIDOU, ALEXANDRA KLITSIOTI, ATHANASIA DROUTME, ANASTASIA-AIKATERINI SOURBI, DIMITRA CHRISOSTOMOU Y MARIA EFSTRATOPOULOU
2022 "Effectiveness of Musical Training on Reading Comprehension in Elementary School Children. Is There an Associative Cognitive Benefit?", *Frontiers in Education*, VII, 875511. DOI: 10.3389/feduc.2022.875511
- STEELE, CHRISTOPHER J., JENNIFER A. BAILEY, ROBERT J. ZATORRE Y VIRGINIA B. PENHUNE
2013 "Early musical training and white-matter plasticity in the corpus callosum: Evidence for a sensitive period", *The Journal of Neuroscience*, XXXIII/3, pp. 1282-1290. DOI: 10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013
- STRAIT, DANA L., SAMANTHA O'CONNELL, ALEXANDRA PARBERY-CLARK Y NINA KRAUS
2014 "Musicians' enhanced neural differentiation of speech sounds arises early in life: developmental evidence from ages 3 to 30", *Cerebral Cortex*, XXIV/9, pp. 2512-2521. DOI: 10.1093/cercor/bht103
- STREINER, DAVID L., GEOFFREY R. NORMAN Y JOHN CAIRNEY
2015 *Health measurement scales: A practical guide to their development and use*, 5a ed. Oxford: Oxford University Press.
- TALAMINI, FRANCESCA, BARBARA CARRETTI Y MASSIMO GRASSI
2016 "The Working Memory of Musicians and Nonmusicians", *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, XXXIV/2, pp. 183-191. DOI: 10.1525/mp.2016.34.2.183
- WECHSLER, DAVID
2010 *WAIS-IV. Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV*. Madrid y Barcelona: Pearson Educación.
- WELCH, GRAHAM
2021 "The challenge of ensuring effective early years music education by non-specialists", *Early Child Development and Care*, CXCI/12, pp. 1972-1984. DOI: 10.1080/03004430.2020.1792895
- YAMASHITA, MASATOSHI, CHIE OHSAWA, MAKI SUZUKI, XIA GUO, MAKIKO SADAKATA, YUKI OTSUKA, KOHEI ASANO, NOBUHITO ABE Y KAORU SEKIYAMA
2022 "Neural Advantages of Older Musicians Involve the Cerebellum: Implications for Healthy Aging Through Lifelong Musical Instrument Training", *Frontiers in human neuroscience*, 15, 784026. DOI: 10.3389/fnhum.2021.784026
- ZATORRE, ROBERT J., JOYCE L. CHEN Y VIRGINIA B. PENHUNE
2007 "When the brain plays music: Auditory-motor interactions in music perception and production", *Nature Reviews Neuroscience*, VIII/7, pp. 547-558. DOI: 10.1038/nrn2152
- ZATORRE, ROBERT J., R. DOUGLAS FIELDS Y HEIDI JOHANSEN-BERG
2012 "Plasticity in gray and white: Neuroimaging changes in brain structure during learning", *Nature Neuroscience*, XV/4, pp. 528-536. DOI: 10.1038/nn.3045
- ZHANG, LEI, XUEYING FU, DAN LUO, LIDONGSHENG XING Y YI DU
2021 "Musical Experience Offsets Age-Related Decline in Understanding Speech-in-Noise: Type of Training Does Not Matter, Working Memory Is the Key", *Ear and Hearing*, XLII/2, pp. 258-270. DOI: 10.1097/AUD.0000000000000921
- ZHANG, QI
2018 "Application of Music Education in Brain Cognition", *Educational Sciences: Theory & Practice*, XVIII/5, pp. 1357-1364. DOI: 10.12738/estp.2018.5.095
- ZUK, JENNIFER, CHRISTOPHER BENJAMIN, ASHLEY KENYON Y NADINE GAAB
2018 "Correction: Behavioral and Neural Correlates of Executive Functioning in Musicians and Non-Musicians", *PLoS ONE*, XIII/1, e0191394. DOI: 10.1371/journal.pone.0191394