

Diferencias en la reserva neural en relación al entrenamiento musical.

Differences in the neural reserve in relation to music training.

Julieta Moltrasio¹, Macarena de la Colina² y Wanda Yanina Rubinstein³.

Resumen

La reserva neural es un subcomponente de la reserva cognitiva y refiere a las diferencias en los paradigmas cognitivos que subyacen al desempeño de tareas en un cerebro sano. Puede darse por diferencias innatas (inteligencia, edad) o ambientales, como el entrenamiento musical. Éste está relacionado con diferencias cerebrales y cognitivas.

El objetivo del presente estudio es realizar una revisión bibliográfica de investigaciones que evaluaron rendimiento cognitivo en músicos como no músicos, y establecer diferencias en la reserva cognitiva y, más específicamente, el subcomponente de reserva neural, entre ambos grupos. Se parte de la suposición de que los músicos poseen un rendimiento superior en tareas cognitivas con respecto a los no músicos y que esto está relacionado con una mayor reserva neural debido al entrenamiento musical.

Los resultados son contradictorios. Se encontraron algunas diferencias en dominios cercanos a la práctica musical en adultos jóvenes, y en diversos dominios en adultos mayores. Las diferencias entre grupos, que no diferían en inteligencia, podrían ser atribuibles a una mayor reserva cognitiva. También hay relaciones con el tipo de instrumento, los años y la edad de comienzo de la práctica musical. Se sugiere replicar los hallazgos controlando diversas variables.

Palabras clave

Músicos - no músicos - rendimiento cognitivo - tareas cognitivas - reserva neural

Abstract

Neural reserve is a subcomponent of cognitive reserve and refers to the differences in cognitive paradigms that underlie task performance in a healthy brain. It can occur due to innate

1 Instituto de Investigaciones, Facultad de Psicología, Universidad de Buenos Aires. Buenos Aires, Argentina. Contacto: julietamoltrasio@gmail.com

2 Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología. Buenos Aires, Argentina. Contacto: macarenadelacolina@gmail.com

3 HIGA "Eva Perón" CONICET, Laboratorio de Deterioro Cognitivo. San Martín, Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires, Facultad de Psicología. Buenos Aires, Argentina. Universidad de Palermo, Facultad de Ciencias Sociales. Centro de Investigaciones en Neurociencias y Neuropsicología, Buenos Aires, Argentina. Contacto: wrubinstein@live.com

(intelligence, age) or environmental differences, such as musical training. This is related to brain and cognitive differences.

The aim of the present study is to carry out a bibliographic review of investigations that evaluated cognitive performance in musicians as well as non-musicians, and to establish differences in cognitive reserve and, more specifically, the neural reserve subcomponent, between both groups. It is assumed that musicians have superior cognitive tasks performance compared to non-musicians and that this is related to a greater neural reserve due to musical training.

The results are contradictory. Some differences were found in domains close to musical practice in young adults, and in various domains in older adults. The differences between groups, which did not differ in intelligence, could be attributable to a greater cognitive reserve. There are also relationships with the type of instrument, the years and the age of beginning of the musical practice. It is suggested to replicate the findings controlling for various variables.

Keywords:

Musicians - non-musicians - cognitive performance - cognitive tasks - neural reserve

Introducción

El concepto de reserva en neuropsicología se utiliza para dar cuenta de la separación entre un daño cerebral o patología y su manifestación clínica. Hay dos modos de aproximación a este fenómeno. Uno hace alusión al concepto de reserva cerebral, que alude a diferencias individuales cuantitativas como aumento de materia gris, mayor cantidad de neuronas o mayor cantidad de redes sinápticas (Satz, 1993). El segundo tipo de reserva es la reserva cognitiva (*cognitive reserve*), y hace referencia a las diferencias individuales en los procesos cognitivos que permiten a algunas personas hacer frente mejor que a otras al daño cerebral. Este tipo de concepción fue denominada activa, ya que explica que el cerebro hace frente al daño de manera activa, utilizando mecanismos cognitivos preexistentes o compensatorios (Stern, 2009).

Desde el concepto de reserva cognitiva, se desprenden dos subcomponentes: la compensación neural y la reserva neural (Stern, 2009). La compensación neural responde a aquellas alteraciones en el procesamiento cognitivo que toman lugar para hacer frente a una patología cerebral. Por otro lado, la reserva neural hace referencia a la variabilidad interindividual no solo en las redes cerebrales, sino también en los paradigmas cognitivos que subyacen al desempeño de tareas en un cerebro sano. Un individuo cuyas redes son más eficientes, tienen mayor capacidad o son más flexibles, podría ser más capaz de hacer frente a la disrupción impuesta por la patología cerebral (Stern, 2009). Por lo tanto, la reserva neural, se basa en diferencias individuales preexistentes a cualquier patología cerebral: es una expresión diferencial de redes cerebrales, que debe observarse incluso en sujetos jóvenes que están libres de cualquier enfermedad neurológica (Stern et al., 2005). A lo largo de este trabajo, si bien emplearemos principalmente el término de “reserva cognitiva”, que es el más utilizado en la literatura, nos referiremos al subcomponente de reserva neural, es decir, a sujetos sin patología.

Una forma de evaluar la reserva neural es a través de métodos de neuroimágenes, que permitan demostrar diferencias en los niveles de activación neuronal, en términos de eficiencia y capacidad. Por un lado, una red más eficiente mostrará menos activación para producir el mismo nivel de rendimiento, o un rendimiento superior. Por el otro, la capacidad refiere a la habilidad máxima que tiene una red para activarse y hacer frente a tareas cognitivas complejas (Stern, 2017).

Otro modo, menos directo, de evaluar el subcomponente de reserva neural, es a través del desempeño de sujetos sin patología en tareas neuropsicológicas: individuos con mayor reserva cognitiva (determinada a partir de diversos factores) presentan mejor desempeño (Potter, Helms & Plasman, 2007; Tucker & Stern, 2011). Otros estudios encontraron asociaciones entre tareas de funciones ejecutivas y reserva cognitiva, lo cual fue atribuido a que ésta puede operar permitiendo un uso de estrategias más flexibles (Siedlecki et al., 2009; Tucker & Stern, 2011). En este sentido, Stern

(2017) indica que el procesamiento de tareas puede diferir en sujetos sanos (en términos específicos de reserva neural) a través de una mayor flexibilidad para acercarse a las tareas o a través de la utilización de estrategias de solución completamente diferentes.

La reserva cognitiva es considerada un concepto fluido y cambiante (Stern, 2009; Tucker & Stern, 2011). Está determinada tanto por factores genéticos como ambientales, tales como experiencias a lo largo de la vida y edad. Ésta última hace referencia, por un lado, al impacto que produce el efecto de la edad en las redes neuronales, es decir, a los cambios cerebrales relacionados con la edad (Stern, 2017) y al declive cognitivo que puede darse a partir de esto (Salthouse, 2009). Por el otro lado, los adultos mayores han tenido mayor oportunidad de construir su reserva cognitiva a través de diversas experiencias, con lo cual es mucho más fácil de evaluar la reserva cognitiva en su totalidad en personas mayores de 60 años (Opdebeeck, Martyr & Claire, 2015).

Para estimar la reserva cognitiva de un sujeto se utilizan una serie de indicadores, que refieren a las diferencias individuales, dadas por factores genéticos y ambientales (Stern, 2009). El uso de una sola medida indirecta de reserva cognitiva no proporciona una imagen completa de la reserva cognitiva de un individuo, ya que la misma resulta de una combinación de experiencias y actividades en el transcurso de la vida (Opdebeeck et al., 2015). Los indicadores de reserva cognitiva que suelen considerarse son los siguientes: nivel educativo (Stern et al., 1994; Stern, Albert, Tang & Tsai, 1999; Opdebeeck et al., 2015), ocupación (Opdebeeck et al., 2015; Potter et al., 2007; Stern et al., 1994; Stern et al., 1999), Coeficiente Intelectual (CI) actual o premórbido (en caso de patologías) (Baker et al., 2016; Stern et al., 2005), actividad física (Scarmeas, Levy, Tang, Manly & Stern, 2001), redes sociales (Bennet, Schneider, Tang, Arnold & Wilson, 2006) y participación a lo largo de la vida en actividades cognitivamente estimulantes (hacer crucigramas, *sudokus*, etc.) (Opdebeeck et al., 2015) y participación en actividades de ocio (tejer, tocar un instrumento, leer, asistir a reuniones sociales, etc.) (Scarmeas et al., 2001; Stern, 2017).

Las actividades de ocio y actividades cognitivamente estimulantes han ocupado un lugar de suma importancia en cuanto a indicador de reserva cognitiva en el sujeto (Opdebeeck et al., 2015). Dentro de ellas, las actividades musicales ocupan un lugar de gran importancia respecto del desarrollo de diversas funciones cognitivas (Feldberg et al., 2019).

Tocar un instrumento requiere múltiples habilidades e involucra diversas áreas cerebrales (Zatore, Che & Penhune, 2007). El entrenamiento musical genera cambios cerebrales a nivel estructural y funcional: diversos estudios han revelado que el cerebro de los músicos presenta ciertas modificaciones bioquímicas y neuronales, generando así un mayor desarrollo de múltiples sistemas y una mayor capacidad global en el procesamiento cerebral (Martin Requejo, 2018; Román-Caballero &

Lupiáñez, 2019). Por esta razón, los músicos representan un modelo ideal para investigar la neuroplasticidad en el cerebro humano (Münste, Altenmüller & Jäncke, 2002).

Las diferencias cerebrales entre músicos y no músicos se tratan de diferencias estructurales y funcionales en áreas cerebrales. Algunos estudios clásicos hallaron diferencias volumétricas y funcionales en: áreas prefrontales (Bermúdez, Lerch, Evans & Zatorre, 2009; Gaser & Schlaug, 2003); áreas motoras primarias (Gaser & Schlaug, 2003; Hund-Georgiadis & von Cramon, 1999; Luo et al., 2012; Schlaug, 2001); áreas somatosensitivas primarias (Gaser & Schlaug, 2003); cerebelo (Gaser & Schlaug, 2003; Hutchinson, Lee, Gaab & Schlaug, 2003; Schlaug, 2001); y áreas auditivas (Pantev et al., 1998), más específicamente mayor lateralización izquierda del plano temporal (Pantev et al., 1998; Schlaug, 2001; Schlaug, Jancke, Huang, Staiger & Steinmetz, 1995) y engrosamiento del giro de Heschl en el lóbulo temporal (Bermúdez et al., 2009). También se halló mayor conexión interhemisférica, medida a través del tamaño del cuerpo caloso (Schlaug, 2001; Schlaug, et al., 1995), un haz de fibras que une ambos hemisferios entre sí; así como mayor integración multimodal (Bangert et al., 2006; Zatorre, Chen & Penhune, 2007).

Existen cambios cognitivos y conductuales que suceden a la par de los cambios cerebrales generados por el entrenamiento musical (Hyde et al., 2009). Aprender a tocar un instrumento estimula y aumenta el desarrollo de diversas habilidades, lo que se conoce como transferencia cercana y transferencia lejana (Barnett & Ceci, 2002). La primera hace referencia a aquellos casos en los cuales el entrenamiento musical mejora dominios ligados directamente con la práctica musical. Por ejemplo, se han reportado diferencias entre músicos y no músicos en la habilidad para procesar estímulos auditivos (Burton, Morton & Abbes, 1989; Tervaniemi, Just, Koelsch, Widmann & Schröger, 2005).

La transferencia lejana es aquella que ocurre hacia dominios extra-musicales, en los cuales el parecido entre el entrenamiento musical y el dominio afectado es mucho menos evidente (Hyde et al., 2009). Diversos estudios han reportado la transferencia de aprendizajes a dominios extra-musicales, tanto en niños (Hyde et al. 2009; Norton et al., 2005; Schlaug et al., 2009) como en adultos (Talamini, Altoè, Carretti & Grassi, 2017). Los adultos músicos, en comparación con los no músicos, presentan mejoras en memoria verbal (ver Talamini et al., 2017), habilidades visuoespaciales (Brochard, Dufour & Despres, 2004), memoria de trabajo (Clayton et al., 2016; D'Souza, Moradzadeh & Wiseheart, 2018; George & Coch, 2011; Pallesen et al., 2010), flexibilidad cognitiva (Moradzadeh, Blumenthal & Wiseheart, 2015) y coeficiente intelectual (Schellenberg, 2006). Otros estudios no reportaron diferencias entre músicos y no músicos en atención visual (Clayton et al., 2016), memoria visual (Chan, Ho & Cheung, 1998), razonamiento (Clayton et al., 2016) y control inhibitorio (D'Souza et al., 2018; Slevc, Davey, Buschkuehl & Jaeggi., 2016). Cabe destacar que ninguno de los estudios equiparó a los sujetos de acuerdo al nivel de coeficiente intelectual.

Los estudios que reportaron diferencias anatómicas y cognitivas entre músicos y no músicos, definen a un sujeto músico de acuerdo a diversos parámetros. Algunos consideran músico a aquella persona que estudia un instrumento o canto a tiempo completo en una institución musical formal (conservatorio, escuela de música) (Brochard et al., 2004; Schlaug, 2001; Pallesen et al., 2010; Pantev et al., 1998) o se graduó de una institución formal (Bangert et al., 2006). En cuanto a la cantidad de años de entrenamiento, algunos consideran un período mínimo de 5 años (Pantev et al., 1998; Slevc et al., 2016), 8 años (Brochard et al., 2004; D'Souza et al., 2018) o 10 años (Hund-Georgiadis & von Cramon, 1999; Bermúdez et al., 2009). Otros estudios consideran también la categoría de músico amateur, incluyendo dentro de la muestra a aquellos sujetos que saben tocar un instrumento, pero aprendieron a tocar de manera informal (D'Souza et al., 2018; Gaser & Schlaug, 2003; Schellenberg, 2006).

Otro factor utilizado por algunos estudios para incluir a un sujeto dentro del grupo de músicos, es la cantidad de horas que éste dedica al instrumento por día o por semana (Brochard et al., 2004; Hund-Georgiadis & von Cramon, 1999; Pantev et al., 1998). La edad de comienzo del aprendizaje musical también parece ser una variable importante, no como criterio de exclusión, pero sí para delimitar diferentes grupos: se han reportado correlaciones entre la edad de comienzo y los cambios neuroanatómicos generados por el entrenamiento (Schlaug, 2001; Pantev et al., 1998), o diferencias dentro del grupo de músicos que comenzaron su formación antes o después de los 7 años (Schlaug et al., 1995). Cabe destacar que se encontraron diferencias intra-grupo de acuerdo al instrumento que practican (Bangert & Schlaug, 2006), y si poseían o no oído absoluto (Bermúdez et al., 2009; Pantev et al., 1998; Schlaug, 2001).

Las investigaciones descritas dan cuenta de las diferencias anatómicas atribuibles al entrenamiento musical y las diferencias cognitivas y conductuales que derivan de ello. Se ha argumentado que estas diferencias se deben mayormente al aprendizaje, ya que los músicos tendrían diferencias estructurales y funcionales con los sujetos no músicos (Justel & Díaz Abraham, 2012). Cabría esperar, entonces, que la población de sujetos músicos tenga una mejor reserva, que los protegería mejor frente al daño focal o neurodegenerativo, que los no músicos. Sin embargo, existen otras variables que pueden asimismo determinar diferencias entre la reserva cognitiva de ambos grupos, tales como el nivel de inteligencia, que no siempre son controladas en los estudios.

El objetivo del presente estudio es realizar una revisión bibliográfica de investigaciones que evaluaron rendimiento cognitivo en músicos como no músicos, y establecer diferencias en la reserva cognitiva, y más específicamente en el subcomponente de reserva neural, entre ambos grupos. Se parte de la suposición de que los músicos poseen un rendimiento superior en tareas cognitivas con

respecto a los no músicos y que esto está relacionado con una mayor reserva neural debido al entrenamiento musical.

Metodología

Se realizó una investigación bibliográfica cualitativa descriptiva (Guirao-Goris, Olmedo Salas & Ferrer Ferrandis, 2008). Para ello, se utilizó un rastreo bibliográfico de publicaciones en inglés y español, utilizando las siguientes bases de datos electrónicos: PubMed, Google Académico, Taylor & Francis y Science Direct con las palabras claves: reserva neural/neural reserve, reserva cognitiva/cognitive reserve, músicos/musicians, diferencias cognitivas entre músicos y no músicos/cognitive differences between musicians and non-musicians, rendimiento de tareas en músicos y no músicos/performance of tasks in musicians and non-musicians.

La búsqueda se centró en investigaciones que evalúen el rendimiento de tareas cognitivas en músicos y no músicos, tanto en adultos jóvenes como en adultos mayores, sin patología. El criterio utilizado para definir a un sujeto como músico debía estar debidamente justificado en cada estudio, y, en concordancia con la bibliografía revisada en la introducción, los sujetos debían tener al menos 5 años de educación musical formal o informal. Además, se incluyeron artículos que hayan tomado alguna medida de inteligencia para equiparar los grupos, para asegurarse de que las muestras fueran homogéneas. Con lo cual una diferencia en el rendimiento de tareas en ambos grupos (músicos y no músicos), atribuible a una diferencia en la reserva neural, se debería únicamente al aprendizaje musical.

La búsqueda inicial dio lugar a un total de 45 artículos. Estos artículos compararon rendimiento cognitivo de grupos de músicos y no músicos, sin patología, en diferentes poblaciones. En principio, se descartaron aquellos que evaluaron niños (sí se tuvieron en cuenta artículos que además de evaluar niños, evaluaron adultos, analizando solamente esta población) y aquellos que no hayan comparado con un grupo de no músicos o control. Se descartaron, además, los estudios que no hayan comparado a los grupos de acuerdo al nivel de CI.

Las investigaciones incluidas para la revisión corresponden a los últimos diez años, de 2009 a 2019 inclusive. Se consultaron estudios publicados en revistas con proceso de revisión por jueces, utilizando artículos completos para su análisis.

Resultados

La búsqueda final dio lugar a 10 artículos. Los artículos seleccionados fueron divididos en dos grupos: artículos de investigaciones que evaluaron rendimiento cognitivo en músicos y no músicos

adultos jóvenes, y artículos de investigaciones que evaluaron rendimiento cognitivo en músicos y no músicos adultos mayores. Los resultados se muestran en la Tabla 1.

Tabla 1: Estudios que compararon rendimiento cognitivo en músicos y no músicos, en orden de aparición en el texto.

Autor y año	n	Edad	Tareas*	Medida de inteligencia	Resultados principales
Suárez, Elangovan & Au (2016)	24 músicos, 30 no músicos	M=22	Codificación Dígito-Símbolo y Dígitos inversos de la Escala de Inteligencia de Weschler (Weschler Adult Intelligence Scale; WAIS-IV); Span de Matriz estática y dinámica; Dígitos directos y Reconocimiento de no-palabras	Test Americano Nacional de Lectura de Adultos (American National Adult Reading Test; AMNART)	Músicos presentan mejor rendimiento en subcomponentes de memoria de trabajo: ejecutivo central y agenda visuoespacial
Parbery-Clark, Skoe, Lam & Kraus (2009)	16 músicos, 15 no músicos	M=23	Test Cognitivo de Woodcock-Johnson III	Test de Inteligencia no verbal	Músicos presentan mejor rendimiento en tareas de Memoria de Trabajo verbal
Strait, Kraus, Parbery-Clark & Ashley (2010)	18 músicos, 15 no músicos	18-40 años	Batería Multicéntrica para el Procesamiento Auditivo (IHR Multicentre Battery for Auditory Processing; IMAP): subtests de memoria de trabajo auditiva, atención auditiva, atención visual	Escala de Inteligencia de Wechsler Abreviada (Wechsler Abbreviated Scale of Intelligence; WASI)- Subtest de Matrices	Músicos presentan mejor rendimiento en atención auditiva. Sin diferencias en memoria de trabajo y atención visual. Correlación entre años de entrenamiento musical y memoria de trabajo (sólo músicos) y atención auditiva (ambos grupos).
Zuk, Benjamin, Kenyon & Gaab (2014)	30 músicos, 15 no músicos	M=24	Sistema de Funciones Ejecutivas de Delis-Kaplan (Delis-Kaplan Executive Function System; DKEFS): Trail Making Test A y B, Fluencia verbal y de diseños, Interferencia palabra-color. Dígitos inversos y Codificación dígito-símbolo (WAIS-IV)	Escala de Inteligencia de Wechsler (WAIS-IV)	Músicos presentan mejor rendimiento en memoria de trabajo verbal, fluencia verbal y de diseños. Sin diferencias en inhibición, flexibilidad cognitiva y velocidad de procesamiento
Slater, Azem, Nicol,	42 músicos (21 percusionistas, 21	18-35 años	Test de Ejecución Continua Visual y Auditiva Integrada	Test de Inteligencia no-	Percusionistas presentan mejor

Swedenborg & Kraus (2017)	vocalistas), 18 no músicos		(Integrated Visual and Auditory Plus Continuous Performance Test)	verbal (Test of Non-verbal Intelligence; TONI)	inhibición que cantantes y no músicos. Sin diferencias en atención
Byalistok & DePape (2009)	27 músicos (22 instrumentistas, 25 vocalistas), 48 no músicos (24 bilingües, 24 monolingües)	M= 23,8	Span visuoespacial de la Escala de Memoria de Weschler (Weschler Memory Scale; WMS); Trail Making A y B; Tarea de Simon con flechas (Simon Arrows task) modificada; Stroop auditivo modificado	Test de Inteligencia Fera de Cultura (Cattell Culture Fair Intelligence Test; CFIT)	Músicos presentan mejor rendimiento que los otros dos grupos en control ejecutivo auditivo. Músicos y bilingües presentan mejor rendimiento que monolingües en control ejecutivo visual. Sin diferencias entre memoria de trabajo visual, span atencional visual, flexibilidad cognitiva.
Parbery-Clark, et al. (2011)	18 músicos, 19 no músicos	45-65 años	Test de Habilidades Cognitivas de Woodcock-Johnson III; Subtest de Memoria de Trabajo visual, de batería de Tests visuales de Colorado (The Colorado Assessment Test)	Escala de Inteligencia de Weschler Abreviada (WASI)	Músicos presentan mejor memoria de trabajo auditiva Sin diferencias en memoria de trabajo visual
Amer, Kalender, Hasher, Trehub & Wong (2013)	19 músicos, 24 no músicos	M= 60	Tarea de Simon (Simon task) modificada; Stroop auditivo modificado; Cubos de Corsi (Corsi Block-tapping Test); Tarea Go/No-Go; Lectura con distractores	Subtest de vocabulario de Shipley Institute of Living Scale (SILS)	Músicos presentan mejor control ejecutivo de tonos y visual, span visuoespacial y velocidad de procesamiento visual y de tonos. Sin diferencias en inhibición, lectura con distractores, velocidad de procesamiento de palabras y control ejecutivo de palabras
Hanna-Pladdy & MacKey (2011)	22 músicos de alto nivel, 27 músicos de bajo nivel, 21 no músicos	M= 70	Test de Aprendizaje verbal de California-II (California Verbal Learning Test; CVLT-II); Reproducción Visual y Span Espacial de la WMS; Subtest de Span de Dígitos y Secuenciación Número-Letra, del WAIS-III; Trail	AMNART	Músicos de alto nivel presentan mejor memoria visual diferida que los otros dos grupos, y mejor flexibilidad cognitiva y velocidad

			Making Test A y B; Test de Denominación de Boston; Fluencia verbal y semántica		visuomotra que el grupo de no músicos. Músicos (ambos) presentan mejor denominación por confrontación visual. Sin diferencias en memoria verbal, span atencional verbal, memoria de trabajo verbal, fluencia verbal y semántica
Hanna-Pladdy & Gajewsky (2012)	33 músicos, 37 no músicos	59-80 años	CVLT-II, WMS-III, Figura Compleja de Rey Osterrieth; Span de Dígitos de WAIS-III; Span espacial WMS-III; Test de Juicio de Orientación de Líneas de Benton, Discriminación Visual de Formas de Benton; Sistema de funciones ejecutivas de Delis-Kaplan (Delis-Kaplan Executive Function System; DKEFS); Test de Denominación de Boston; Test de Clasificación de Cartas de Wisconsin (Wisconsin Card Sorting Test; WCST); Test de Golpeteo con el Dedo	Subtest de WAIS-III	Músicos rinden mejor en Memoria de trabajo verbal, fluencia verbal, memoria verbal inmediata y discriminación visuoespacial. Sin diferencias entre atención y memoria de trabajo visual, fluencia semántica, memoria visual y memoria verbal diferida, y visoconstrucción
* Se incluyen tareas que evaluaron funciones ejecutivas, memoria de trabajo, memoria y lenguaje					

De los 10 artículos hallados, 6 exploraron las diferencias utilizando grupos de adultos jóvenes (Bialystok & DePappe, 2009; Parbery-Clark et al., 2009; Slater, Azem, Nicol, Swedenborg & Kraus, 2017; Strait et al., 2010; Suárez et al., 2016; Zuk et al., 2014;), mientras que 4 de ellos evaluaron a grupos de adultos mayores (Amer et al., 2013; Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Parbery-Clark et al., 2011). Todos ellos utilizaron pruebas y metodologías diversas, y evaluaron diferentes funciones cognitivas.

En cuanto a los estudios que evaluaron adultos jóvenes, la mayoría evaluaron la atención y las funciones ejecutivas (Bialystok & DePappe, 2009; Parbery-Clark et al., 2009; Slater et al., 2017; Strait et al., 2010; Zuk et al., 2014), mientras que otros se centraron exclusivamente en la memoria de trabajo (Parbery-Clark et al., 2009; Suárez et al., 2016). En relación a estos últimos, el estudio llevado a cabo por Suárez et al. (2016), se centró en los tres aspectos de la memoria de trabajo, de acuerdo al modelo de Baddeley (2000): la agenda visuoespacial (que almacena y manipula información

visuoespacial), el bucle fonológico (que almacena y manipula información verbal), y el ejecutivo central (que asigna recursos atencionales a los otros dos componentes). En su estudio, evaluaron a un grupo de músicos, con al menos 5 años de instrucción formal en un instrumento, y que habían comenzado su formación alrededor de los 8 años (entre los 3 y los 13 años), y a un grupo de sujetos no músicos.

Los resultados del estudio de Suárez et al. (2016), indicaron que los músicos mostraron mejores puntajes en tareas que evaluaron el ejecutivo central y en tareas de memoria de trabajo espacial (dentro del componente de la agenda visuoespacial), pero no el bucle fonológico. Los autores argumentan que los músicos mostraron mejores puntajes en aquellas tareas ligadas a la práctica musical: la agenda visuoespacial y más específicamente al aspecto espacial de la misma, se entrenaría mediante la lectura de partituras; y el funcionamiento del ejecutivo central, se vería beneficiado debido a que el entrenamiento musical requiere habilidades de manipulación de información en tiempo real. El hecho de no haber hallado diferencias en el bucle fonológico, lleva a los autores a hipotetizar la presencia de almacenes tonales (musicales) y verbales (fonológicos) separados. La práctica musical sólo tendría efectos en el primero.

Al igual que en el estudio de Suárez et al. (2016), Parbery-Clark et al. (2009) encontraron diferencias en tareas de memoria de trabajo, aunque sólo evaluaron la modalidad auditivo-verbal. Además, tomaron dos tareas de percepción del habla: una medida de reconocimiento de voz que mide la capacidad de percepción del habla en ruido; y una prueba de percepción del habla en el contexto de balbuceo de varias personas. Y midieron la capacidad auditiva (discriminación de frecuencias) de ambos grupos. La muestra de músicos estaba compuesta por sujetos que habían comenzado su instrucción musical antes de los 7 años, y contaban con más de 10 años de práctica musical consistente, y practicaban su instrumento más de tres veces por semana (durante los últimos 3 años). Hallaron, por un lado, que los músicos obtuvieron mejores resultados que los no músicos en todas las tareas. Por el otro lado, hallaron correlaciones entre los años de práctica musical y las tareas de memoria de trabajo, discriminación de frecuencias y percepción del habla en ruido. Los autores atribuyen esta correlación a los años de práctica musical y concluyeron que las habilidades del entrenamiento musical pueden transferirse a dominios extra-musicales.

Siguiendo la línea del estudio anterior, Strait y et al. (2010), investigaron posibles ventajas perceptivas en músicos para tareas que dependen de diversas habilidades cognitivas. Para ello evaluaron a un grupo de sujetos que comenzaron su práctica musical antes de los 9 años de edad y la continuaron de manera constante durante más de 10 años; y por otro lado, a un grupo control, que tenía 4 años o menos de experiencia musical. Administraron una serie de tareas que evaluaban habilidades cognitivas: memoria de trabajo auditiva, atención auditiva y visual (alerta fásica); y

habilidades perceptivas: discriminación de frecuencias, y selectividad de frecuencias (que consistía en detectar la presencia o ausencia de una frecuencia blanco ante diversos distractores, presentados antes o después, simultánea o consecutivamente).

Strait et al. (2010) hallaron, en su estudio, un mejor rendimiento en músicos con respecto a los no músicos en las tareas de atención auditiva, discriminación de frecuencias y selectividad de frecuencias (mostrando umbrales más bajos de discriminación). A diferencia de los estudios llevados a cabo por Suárez et al. (2016) y Parbery-Clark (2009), no hallaron diferencias entre músicos y no músicos en memoria de trabajo. Encontraron correlaciones entre la atención auditiva y la selectividad de frecuencias con respecto a los años de práctica musical, independientemente del grupo. Además, hallaron correlaciones, dentro del grupo de músicos, entre memoria de trabajo y atención auditiva, y los años de entrenamiento musical. Los autores concluyen que la práctica musical a largo plazo fortalece las funciones cognitivas y que ellas benefician las habilidades perceptivas auditivas, es decir, el entrenamiento refuerza los mecanismos cognitivos específicos de la audición (atención auditiva y memoria de trabajo auditiva) pero no las habilidades visuales. Los autores indican que las mejoras auditivas de los músicos están dadas por los años de práctica musical y están impulsadas en gran parte, por la experiencia.

Zuk y et al. (2014) encontraron similares resultados a los estudios de Suárez et al. (2016) y Parbery-Clark et al. (2009), es decir, mejores puntajes en músicos en tareas de memoria de trabajo. En su estudio, evaluaron, además, otras funciones: inhibición, flexibilidad cognitiva, fluencia verbal y visual (a través de una batería de funciones ejecutivas, ver Tabla 1), y velocidad de procesamiento. Evaluaron a un grupo de músicos, que consistió en sujetos con educación musical formal que habían comenzado su práctica musical a los 9 años, continuaban desempeñándose musicalmente desde entonces y practicaban su instrumento al menos 8 horas por semana. Tocaban otro instrumento además de su instrumento principal. Su rendimiento fue significativamente superior al grupo de no músicos en tareas que evaluaron memoria de trabajo, fluencia verbal y de diseños. Los autores no encontraron, sin embargo, diferencia en otras habilidades dentro de las funciones ejecutivas, tales como la inhibición y la flexibilidad cognitiva. Los autores concluyen que la música podría promover el desarrollo de algunas de las medidas de funciones ejecutivas, lo cual podría explicar la relación generalmente hallada entre el desempeño académico y el entrenamiento musical.

Slater et al. (2017), a diferencia de los otros estudios, dividieron al grupo de músicos en dos subgrupos: percusionistas y vocalistas. Los músicos tenían al menos 5 años de entrenamiento musical formal o informal, y habían comenzado su formación entre los 3 y 13 años (percusionistas) o los 3 y 18 años (vocalistas). Tomaron diversas tareas de percepción, similares a las tomadas por Strait et al. (2010): discriminación y selectividad de frecuencias. También evaluaron la atención y el control

inhibitorio visual. Asimismo, midieron la actividad eléctrica cerebral de los sujetos mientras escuchaban una serie de sílabas. Los resultados indicaron una mejor discriminación de frecuencias en los vocalistas, comparados con los otros dos grupos. No hallaron diferencias entre grupos en atención visual. Por otro lado, observaron un mayor control inhibitorio en el grupo de percusionistas, superando tanto a vocalistas como a no músicos. Explican esta diferencia por la demanda particular del instrumento, que requiere una activación motora y una coordinación de secuencias rítmicas complejas en el tiempo, lo cual favorecería el control inhibitorio.

A partir de sus resultados, Slater et al. (2017) concluyeron que el instrumento principal y su estilo de ejecución son algunos de los aspectos potenciales de la experiencia musical que pueden influir en la función cognitiva y sensorial. Esto da cuenta de que las variadas experiencias musicales podrían moldear de maneras diversas la ejecución en tareas de funciones ejecutivas. La activación motora y la coordinación de secuencias rítmicas complejas en el tiempo, generadas por la práctica en instrumentos de percusión, pueden fortalecer las redes neuronales relevantes para el control cognitivo. Además, podría explicar, en parte, por qué en otros estudios, como el de Zuk et al. (2014), no se hallaron diferencias significativas en este componente de las funciones ejecutivas, pero sí en otros (como memoria de trabajo): en su grupo de músicos no había percusionistas, y sería esta práctica particular la que favorece el control inhibitorio

En un estudio previo llevado a cabo por Bialystok y DePappe (2009), también subdividieron al grupo de músicos, entre vocalistas, por un lado, e instrumentistas, por el otro, aunque no hallaron diferencias significativas entre los grupos. Los músicos eran sujetos que se habían desempeñado musicalmente la mitad de su vida, y practicaban, en promedio, una hora por día. Evaluaron, además, a sujetos bilingües y monolingües. Su objetivo era determinar si la experiencia musical intensiva producía mejoras en el procesamiento ejecutivo, como se ha observado en sujetos bilingües, y comparar el potencial de ambas actividades. Tomaron diversas tareas (ver Tabla 1) que evaluaron: span atencional visual, memoria de trabajo visual y flexibilidad cognitiva. No hallaron diferencias entre span atencional visual y flexibilidad cognitiva, concordando con los hallazgos de Zuk et al. (2014). Tampoco hallaron diferencias significativas entre los grupos en memoria de trabajo, lo cual difiere de lo hallado por Suárez et al. (2016), Parbery-Clark et al. (2009) y Zuk et al. (2014), pero concuerda con los hallazgos de Strait et al. (2010). Aunque la modalidad utilizada en estos estudios fue verbal, mientras que Bialystok y DePappe utilizaron el dominio visual.

Para evaluar más específicamente las funciones ejecutivas, Bialystok y DePappe (2009), tomaron dos series de tareas. La primera consistió en pruebas visuales con 4 condiciones: las primeras dos requerían responder ante un estímulo visual (una flecha), indicando hacia dónde apuntaba o en qué posición estaba, para medir la velocidad de respuesta. Y las otras dos consistían en indicar la flecha

opuesta a la que aparecía, o el lado opuesto (condición de conflicto). Estas últimas dos evaluaban inhibición y control ejecutivo ante el conflicto. La segunda serie de tareas fue de modalidad auditiva y siguió la misma lógica que la anterior, con 4 condiciones. Para las primeras dos, los participantes debían contestar si un tono era alto o bajo (condición control tonal), o si una voz decía la palabra “alto” (*high*) o “bajo” (*low*) (condición control verbal). Las otras dos condiciones, que evaluaron inhibición y control ejecutivo ante el conflicto, consistieron en responder ante la misma voz, pero que hablaba en un tono alto o en un tono bajo. En una de las condiciones, los sujetos debían contestar qué palabra (*high/ low*) decía la voz, ignorando su tono (que podía o no diferir), y en la otra, debían responder si la voz hablaba en tono alto o bajo, ignorando la palabra que pronunciaba la voz.

Bialystok y DePappe (2009) hallaron que tanto los bilingües como los músicos superaron a los monolingües en control ejecutivo visual, la cual requiere inhibición, sin diferencia entre ambos. En la versión auditiva, en cambio, los músicos tuvieron mejor desempeño que los otros dos grupos. Los autores argumentan que este patrón indica que el efecto de la experiencia musical puede generalizarse a otros dominios (como el visual) pero que el mayor efecto se encuentra en tareas de modalidad similar al tipo de actividad involucrada en la experiencia misma.

En cuanto a los estudios que evaluaron adultos mayores, se hallaron 4 artículos. 2 de ellos exploraron diversas funciones cognitivas, como la memoria, la atención, el lenguaje y las funciones ejecutivas (Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Hanna-Pladdy & MacKey, 2011), mientras que los otros dos evaluaron únicamente aspectos de las funciones ejecutivas o la atención (Amer et al., 2011; Parbery-Clark et al., 2011). En relación a estos últimos, Parbery-Clark et al., (2011) se propusieron estudiar si la formación musical a lo largo de la vida compensa la disminución de la percepción del habla en ambientes ruidosos que suele presentarse en edades avanzadas. Tomaron las mismas pruebas de percepción que Parbery-Clark et al. (2009), y sumaron otra prueba que consistía en repetir una palabra oída en el contexto de un balbuceo de varias personas. Además, tomaron una prueba de agudeza auditiva (discriminación de frecuencias), similar a la de Strait et al. (2010). Por otro lado, evaluaron la memoria de trabajo visual y auditiva. El grupo de músicos consistió en sujetos que comenzaron su formación musical antes de los 9 años y continuaron tocando un instrumento a lo largo de su vida, contando con 40 años de formación musical como mínimo.

Hallaron que los músicos adultos mayores tuvieron una mayor capacidad de memoria de trabajo auditiva, así como una mejor percepción del habla en ambientes con ruido y agudeza auditiva. Estos hallazgos coinciden con lo hallado por Suárez et al. (2016) en adultos jóvenes, y más específicamente con los hallazgos de Parbery-Clark (2009), ya que también encontraron una correlación entre tareas de memoria de trabajo auditiva y percepción en ruido. En relación a la memoria de trabajo visual, no encontraron diferencias entre los grupos. Estos resultados, refuerzan

para los autores la noción de que el entrenamiento musical a lo largo de la vida perfecciona habilidades de modalidad auditiva, ya que están relacionadas más directamente al procesamiento musical que las de modalidad visual.

Por su parte, Amer et al. (2013) evaluaron a un grupo de adultos mayores músicos con menos años de entrenamiento musical en promedio (20 años), que habían comenzado su formación en la infancia (8 años en promedio) o en la adultez (sólo uno de ellos). Evaluaron la velocidad de procesamiento auditivo y visual, y el span visuoespacial. Exploraron también diversos componentes de funciones ejecutivas: control inhibitorio, y control ejecutivo en tareas de conflicto visual y auditivo (tanto de sonidos como de palabras). Para evaluar estas últimas, utilizaron tareas muy similares a las utilizadas por Bialystok & DePappe (2009) (descritas previamente), que consistían en una condición control de reacción ante estímulos visuales y auditivos, y una condición con “conflicto”, que requería control ejecutivo para su realización. Tomaron, además, una tarea de lectura con interferencia visual.

Estos autores (Amer et al., 2013) no hallaron diferencias entre los músicos y no músicos en lo que concierne a velocidad de procesamiento y control ejecutivo auditivo de palabras, lectura con distracción e inhibición. Sí hallaron mejores puntajes en los músicos en el control ejecutivo visual y el control auditivo específico para la identificación de tono. Los músicos mostraron, también, ventajas en velocidad de procesamiento visual y de tonos, y en span visuoespacial. Los autores atribuyen esto último a la experiencia de los músicos profesionales en el dominio de lectura de patrones visuales complejos, como lo son las partituras. Esto mismo argumentaron Suárez et al. (2016) para justificar sus hallazgos con respecto a las ventajas en la agenda visuoespacial. En conclusión, los hallazgos sugieren que los altos niveles de ejercicio musical están asociados a mejoras del dominio musical y general (en algunos casos), y por lo tanto, la actividad musical podría moderar el deterioro cognitivo relacionado a la edad.

Los estudios llevados a cabo por Hanna-Pladdy y Mackey (2011) y Hanna-Pladdy y Gajewsky (2012), evaluaron diversas funciones cognitivas en adultos mayores. En el estudio llevado a cabo por Hanna-Pladdy y MacKey (2011), además, dividieron al grupo de músicos en dos categorías: músicos de alto nivel (más de 10 años de experiencia tocando el instrumento, con un promedio de 35 años, y la mayoría multi-instrumentistas) y músicos de bajo nivel (de 1 a 10 años de experiencia tocando el instrumento, con un promedio de 3 años). Ambos grupos, además de estar equiparados en inteligencia, estaban equiparados respecto del nivel de actividad física. Tanto al grupo de músicos como al de no músicos se les administró una amplia batería neuropsicológica que exploró diversas funciones: memoria episódica verbal y visual, span atencional verbal, memoria de trabajo auditiva-verbal, velocidad visuomotora, flexibilidad cognitiva, denominación por confrontación visual, y fluencia verbal y semántica.

Los resultados del estudio de Hanna-Pladdy y MacKey (2011) revelaron un mejor rendimiento en memoria visual diferida en músicos de alto nivel con respecto a los no músicos, y mejor flexibilidad cognitiva y velocidad visuomotora con respecto a los dos grupos. Los dos grupos de músicos tuvieron una mejor denominación por confrontación visual. No hubo diferencias significativas en el resto de las funciones evaluadas. Además, realizaron análisis de regresión lineal, para determinar qué variable predecía mejor el rendimiento en las diferentes tareas, y hallaron que la edad de comienzo del entrenamiento musical predijo el desempeño en memoria visual inmediata; los años de entrenamiento musical, la memoria visual diferida; la edad y los años de educación musical formal, la velocidad de visuomotora; y la edad y la actividad musical actual, la flexibilidad cognitiva. A partir de estos hallazgos, los autores resaltan la importancia de los años de entrenamiento musical: si bien las diferencias entre músicos de alto nivel y músicos de bajo nivel no fueron estadísticamente significativas en su mayoría, el rendimiento de los músicos de bajo nivel se interpuso entre el de los no músicos y los músicos de alto nivel, demostrando así una relación lineal entre los años de entrenamiento musical y el funcionamiento cognitivo en edades avanzadas.

Hanna-Pladdy y Gajewsky (2012) también evaluaron diversas funciones cognitivas en adultos mayores. En este estudio, sin embargo, el grupo de músicos estaba compuesto por sujetos con más de 10 años de experiencia musical (37 años en promedio). Evaluaron las mismas funciones cognitivas que en el estudio anterior (aunque no siempre utilizando las mismas tareas, ver Tabla 1), y sumaron: span atencional y memoria de trabajo visual, visoconstrucción, discriminación visoespacial y planificación (esta última dentro de las funciones ejecutivas). También evaluaron la velocidad de movimientos en bucle con los dedos, sin hallar diferencias entre los grupos.

En las tareas que evaluaron las diversas funciones cognitivas, Hanna-Pladdy y Gajewsky (2012), hallaron diferencias en memoria de trabajo verbal, memoria verbal (sólo en el recuerdo inmediato), fluencia verbal, y discriminación visoespacial. Sorprendentemente, no hallaron diferencias en ninguna medida de funciones ejecutivas, denominación por confrontación visual y memoria visual, a diferencia del estudio de Hanna-Pladdy y MacKey (2011). Tampoco encontraron diferencias en atención y memoria de trabajo visual, fluencia semántica y visoconstrucción. Realizaron, además, análisis de partición, para determinar aspectos de la educación musical que predijeran el desempeño cognitivo: la educación fue el factor que predijo mejor las funciones visoespaciales en los músicos, seguida de la actividad musical actual, que compensó el bajo nivel educativo. En el segundo análisis de partición, la edad temprana de adquisición musical (previa a los 9 años) predijo una memoria de trabajo verbal mejorada en los músicos.

Los hallazgos sugieren que las tareas de dominio verbal son las que se verían más beneficiadas por el entrenamiento musical, siendo más beneficiosa la adquisición temprana. Además, el

entrenamiento musical puede considerarse una oportunidad educativa que sirve como estimulación cognitiva adicional fuera del dominio académico tradicional.

Discusión

Los resultados indicaron diferencias entre músicos y no músicos en algunas funciones cognitivas, aunque ambos contaban con el mismo nivel de inteligencia. Las diferencias en el rendimiento de tareas podrían ser indicio de la reserva cognitiva de los sujetos (Potter et al., 2007; Tucker & Stern, 2011). Considerando que todos los estudios equipararon a los sujetos de acuerdo a variables que inciden en ella (edad, escolaridad y nivel de inteligencia, al menos), estas diferencias podrían atribuirse a una mejor reserva cognitiva en músicos. Sin embargo, la suposición o de que los músicos poseen un rendimiento superior en tareas cognitivas con respecto a los no músicos, y que esto se debe a diferencias en la reserva cognitiva, más específicamente la reserva neural, no pudo comprobarse en todos los casos: no todos los estudios hallaron diferencias, no todos los dominios cognitivos parecieran favorecerse por la práctica musical, y, tanto los años de educación musical, como la edad de adquisición y el tipo de instrumento musical, incidirían en los resultados.

De acuerdo a los estudios revisados, los adultos jóvenes músicos presentan mejores puntajes en algunas funciones que están implicadas directamente en la ejecución de un instrumento (transferencia cercana de aprendizaje), mientras que, en los adultos mayores, la mejora en el rendimiento cognitivo en las tareas se halla de manera más global, incluso alcanzando dominios no auditivos (transferencia lejana de aprendizaje).

Los dominios específicos en los cuales se halló un mejor desempeño en músicos incluyen, por un lado, habilidades perceptuales. Las habilidades auditivas mostraron mejoras tanto adultos jóvenes (Parbery-Clark et al., 2009; Strait et al., 2010) como adultos mayores (Amer et al., 2013; Parbery-Clark et al., 2011). Estos resultados concuerdan con investigaciones que evaluaron agudeza y discriminación auditiva entre músicos y no músicos (Burton et al., 1989; Tervaniemi et al., 2005). Es decir, la práctica musical mejoraría y mantendría diversas habilidades perceptuales, lo cual podría relacionarse con ventajas cognitivas.

En cuanto a las diferencias en funciones cognitivas, se hallaron resultados contradictorios. La memoria de trabajo verbal parecería ser la función más influida por el entrenamiento musical, tanto en adultos jóvenes (Parbery-Clark et al., 2009; Suárez et al., 2016; Zuk et al., 2014), como en adultos mayores (Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Parbery-Clark et al., 2011). Esto coincide con estudios previos (Clayton et al., 2016; D'Souza et al., 2018). La memoria de trabajo visual, en cambio, casi no mostró diferencias (Bialystok & DePappe, 2009; Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012). Es decir, la

transferencia hacia este dominio podría solamente ocurrir cuando la modalidad de estímulo guarda una similitud con la práctica musical (en tanto ambas requieren una entrada auditiva).

En cuanto a las habilidades visuales, la mayoría de los estudios no hallaron diferencias en atención, span atencional visual y velocidad de procesamiento visual (Bialystok & DePappe, 2009; Slater et al., 2017; Strait et al., 2010). En adultos mayores, se hallaron más ventajas en procesamiento visoespacial y memoria visual en músicos (Amer et al., 2013, Hanna-Pladdy & MacKey, 2011, Hanna-Pladdy & Gajewsky 2012), aunque uno de los estudios no halló diferencias en atención y memoria visual (Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012). En este punto, podría pensarse que en edades avanzadas se logra un desarrollo mayor de estas habilidades, y que esto se debe al entrenamiento musical prolongado en el tiempo. Sin embargo, la transferencia hacia estos dominios es menos clara que con la memoria de trabajo verbal.

El entrenamiento musical pone en marcha varias funciones ejecutivas (Bermúdez et al., 2009) y estudios clásicos han demostrado que los músicos presentan mejores puntajes en algunos de sus componentes (Clayton et al., 2016; Moradzadeh et al., 2018; Pallesen et al., 2011). Los resultados hallados en esta revisión indican que el tipo de actividad musical realizada influye de manera distinta en la capacidad de inhibición. Slater et al. (2017), observaron una diferencia en tareas de inhibición principalmente entre percusionistas y no músicos, pero no entre vocalistas y no músicos. Además, Amer et al. (2013) hallaron que los músicos adultos mayores presentaron una ventaja en el control ejecutivo visual, que requiere capacidad de inhibición. Bialystok y DePappe (2009) hallaron que los músicos incluso superaron a un grupo control de bilingües en la modalidad verbal de esta tarea, en la cual Amer et al. (2013) no hallaron diferencias. Sin embargo, Zuk et al. (2014) y Amer et al. (2013) no encontraron diferencias en inhibición entre músicos y no músicos. Esto último coincide con hallazgos previos (D'Souza et al., 2018; Slevc et al., 2016).

En cuanto a otros componentes de las funciones ejecutivas, la flexibilidad cognitiva no parecería verse beneficiada por la práctica musical en adultos jóvenes (Bialystock & DePappe, 2009; Zuk et al., 2014), pero sí en adultos mayores (Hanna-Pladdy & MacKey, 2011), aunque sólo un estudio exploró esta función. Otros estudios hallaron que los adultos mayores músicos poseen mejor planificación que el grupo control de no músicos (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011).

Las funciones ejecutivas son particularmente relevantes para determinar la reserva cognitiva de un sujeto (Siedlecki et al., 2009; Tucker & Stern, 2011). En el caso de los músicos jóvenes, el resultado hallado tanto en tareas de control ejecutivo como en tareas de memoria de trabajo verbal auditiva, indicaría que la reserva se generaría únicamente para dominios ligados o cercanos a la práctica musical (auditivos tonales o verbales) (Bialystok & DePappe, 2009; Parbery-Clark et al., 2011; Zuk et al., 2014). En adultos mayores se vieron ventajas en algunas funciones ejecutivas, tanto de

modalidad verbal como visual (Amer et al., 2013; Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Hanna-Pladdy & Mackey, 2011). Además, la práctica particular de algunos instrumentos, como la percusión, sería relevante para determinar diferencias en el control inhibitorio (Slater et al., 2017), con lo cual, las demandas particulares de la práctica de cada instrumento y los mecanismos que pone en marcha (motores, en este caso), podría generar diferencias en la reserva cognitiva.

En cuanto a las habilidades verbales y de lenguaje (además de las ya exploradas), algunos de los estudios analizados indican que los músicos adultos mayores obtuvieron mejores resultados en denominación por confrontación visual (Hanna-Pladdy & MacKey, 2011) y en memoria y fluencia verbal (Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012). Aunque en un estudio realizado con adultos mayores con menos años de educación musical no se hallaron diferencias en memoria y fluencia verbal (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011). En el caso de adultos jóvenes habría diferencias en fluencia verbal (Zuk et al., 2014). Debido a que esta función fue mayormente explorada en adultos mayores, no puede determinarse que se vea beneficiada en adultos jóvenes.

Estos resultados apoyan parcialmente la idea, ya expuesta, de que el entrenamiento musical es un indicador de reserva cognitiva en el individuo (Stern, 2017). Aunque muchos estudios no hallaron diferencias en diversas funciones, indicando que no en todos los casos el entrenamiento musical incide en la reserva cognitiva. Los hallazgos contradictorios entre los estudios revisados, y entre éstos y los estudios previos, podrían explicarse, en parte, a que todos utilizaron metodologías y tareas diferentes (incluso para medir la misma función).

Otra discrepancia entre los estudios es el criterio para definir al grupo de músicos. Si bien todos tomaron sujetos con al menos 5 años de entrenamiento musical, algunos utilizaron una cantidad de años mínima mucho mayor. El único estudio que tomó un mínimo de 5 años, halló diferencias en memoria de trabajo entre músicos y no músicos (Suárez et al., 2016), y estudios previos habían reportado diferencias anatómicas entre no músicos y músicos con 5 años de entrenamiento musical como mínimo (Pantev et al., 1998). La mayoría de los estudios revisados, sin embargo, incluyó sujetos con 10 años de entrenamiento musical, e incluso se hallaron diferencias entre músicos de bajo y alto rendimiento (Hanna-Pladdy & MacKey, 2011). Los años de práctica musical también mostraron correlación con algunas funciones, como la memoria de trabajo (Strait et al., 2010; Suárez et al., 2016), y, la edad y los años de entrenamiento musical en su conjunto, predijeron el desempeño en memoria visual en adultos mayores (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011). Podría pensarse, entonces, que, a mayor cantidad de años de entrenamiento musical, mayor será la reserva cognitiva, reflejada en el rendimiento de los sujetos en tareas cognitivas. Esto concuerda, además, con la relación entre los años de entrenamiento musical y los cambios neuroanatómicos (Pantev et al., 1998; Schlaug, 2001).

Otro factor importante que podría determinar las diferencias en el rendimiento de los músicos, es la edad de comienzo de la práctica musical. Sólo algunos estudios la utilizaron como criterio de exclusión, siendo a los 9 años o antes (Parbery-Clark et al., 2011; Strait et al., 2010; Zuk et al., 2014). Estos estudios hallaron diferencias en tareas de dominio auditivo, apoyando la idea de que la transferencia de aprendizajes sería hacia dominios cercanos a la práctica musical, incluso cuando la adquisición fue en la primera infancia. En adultos mayores, por otro lado, los análisis de regresión arrojaron que tanto la edad del sujeto como la edad de comienzo de la formación musical, son importantes para determinar el desempeño en tareas de otros dominios, como la memoria visual (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011).

La práctica musical actual de cada participante, en términos de horas diarias o semanales, tampoco fue una variable controlada en todos los estudios (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011; Hanna-Pladdy & Gajewsky, 2012; Suárez et al., 2016; Strait et al., 2010). Aunque los estudios que controlaron que sus participantes dedicaran una cierta cantidad de horas periódicamente a su instrumento, no hallaron diferencias entre músicos y no músicos en funciones de dominios auditivos y visuales (Amer et al., 2013; Bialystok & DePappe, 2009; Parbery-Clark et al., 2011; Zuk et al., 2011; Slater et al., 2017). Sin embargo, un análisis de regresión determinó que, en adultos mayores, tanto la edad de los participantes como la práctica musical actual, incidían en las funciones ejecutivas (particularmente la flexibilidad cognitiva) (Hanna-Pladdy & Mackey, 2011).

Las diferencias en las funciones entre músicos y no músicos fueron más marcadas y diversas (incluyendo muchas más funciones) para los adultos mayores que para los adultos jóvenes. Aunque esto puede deberse a que las investigaciones con adultos mayores evaluaron más funciones que los estudios con adultos jóvenes, que sólo evaluaron funciones ejecutivas y atención, y ninguno exploró la memoria episódica. Considerando las funciones que sí difirieron en músicos y no músicos adultos mayores, podría pensarse que la práctica prolongada a lo largo de la vida produce mayores efectos en la reserva cognitiva, al menos en el subcomponente de la reserva neural (sujetos sanos). Además, podría pensarse que la práctica musical contribuiría al subcomponente de compensación neural, protegiendo contra las manifestaciones clínicas relacionadas con la edad (Stern, 2017).

Las limitaciones del presente estudio incluyen las diferencias metodológicas entre los artículos revisados: varían las funciones evaluadas y las pruebas administradas para evaluar una misma función. Además, a pesar de que fue controlado el nivel de inteligencia de ambos grupos, otras variables que pueden influir en la reserva neural no fueron debidamente controladas, tales como estilos de vida, tiempo de entrenamiento musical actual, instrumento y edad de adquisición. Éstos últimos serían, además, relevantes para establecer diferencias en la reserva cognitiva, debido a las diferencias anatómicas asociadas a ellos.

En conclusión, si bien diversos estudios hallaron diferencias entre músicos y no músicos, y, teniendo en cuenta la homogeneidad de las muestras con respecto a edad, escolaridad y nivel de CI, no podría determinarse que en todos los casos los músicos posean mayor reserva cognitiva que los no músicos. O, al menos, ésta apuntaría a aspectos ligados más directamente con la práctica musical, no pudiendo extenderse en todos los casos a dominios extra-musicales. Sin embargo, en adultos mayores, el entrenamiento musical prolongado a lo largo de la vida podría generar mayor reserva, incluso en dominios visuales y en funciones cognitivas que suelen verse afectadas por la edad (como memoria episódica y denominación). Por otro lado, las diversas prácticas musicales pueden incidir de manera diversa en la reserva cognitiva de un sujeto. Tanto el instrumento, como los años de entrenamiento y la edad de adquisición, ejercerían su influencia en el desempeño del sujeto de manera diferente.

Futuras investigaciones deberían apuntar a evaluar varias funciones cognitivas distintas, ya que, de los estudios revisados, algunos resultados dependen principalmente de los dominios evaluados. Además, se deberían realizar estudios que repliquen los resultados hallados, controlando variables como cantidad de años y tipo de entrenamiento musical, así como también la edad de comienzo del entrenamiento. Finalmente, los estudios en cerebros patológicos, podrían terminar de dilucidar si la práctica musical es capaz de realmente retrasar el comienzo o avance de las manifestaciones clínicas de una enfermedad aguda o neurodegenerativa.

Referencias Bibliográficas

Amer, T., Kalender, B., Hasher, L., Trehub, S. E., & Wong, Y. (2013). Do older professional musicians have cognitive advantages?. *PloS one*, 8(8), e71630. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0071630>

Baker, L. M., Laidlaw, D. H., Cabeen, R., Akbudak, E., Conturo, T. E., Correia, S., ... Paul, R. H. (2016). Cognitive reserve moderates the relationship between neuropsychological performance and white matter fiber bundle length in healthy older adults. *Brain Imaging and Behavior*, 11(3), 632–639. <https://doi.org/10.1007/s11682-016-9540-7>

Bangert, M., Peschel, T., Schlaug, G., Rotte, M., Drescher, D., Hinrichs, H., ... & Altenmüller, E. (2006). Shared networks for auditory and motor processing in professional pianists: evidence from fMRI conjunction. *Neuroimage*, 30(3), 917-926. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.10.044>

Bangert, M., & Schlaug, G. (2006). Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *European Journal of Neuroscience*, 24(6), 1832–1834. <https://doi.org/10.1111/j.1460-9568.2006.05031.x>

Barnett, S. M., & Ceci, S. J. (2002). When and where do we apply what we learn?: A taxonomy for far transfer. *Psychological bulletin*, 128(4), 612. https://doi.org/10.1037_0033-2909.128.4.612

Bennett, D. A., Schneider, J. A., Tang, Y., Arnold, S. E., & Wilson, R. S. (2006). The effect of social networks on the relation between Alzheimer's disease pathology and level of cognitive function in old people: a longitudinal cohort study. *The Lancet Neurology*, 5(5), 406–412. [https://doi.org/10.1016/s1474-4422\(06\)70417-3](https://doi.org/10.1016/s1474-4422(06)70417-3)

Bermudez, P., Lerch, J. P., Evans, A. C., & Zatorre, R. J. (2009). Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry. *Cerebral Cortex*, 19(7), 1583-1596. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhn196>

Brochard, R., Dufour, A., & Despres, O. (2004). Effect of musical expertise on visuospatial abilities: Evidence from reaction times and mental imagery. *Brain and cognition*, 54(2), 103-109. [https://doi.org/10.1016/S0278-2626\(03\)00264-1](https://doi.org/10.1016/S0278-2626(03)00264-1)

Burton, A., Morton, N., & Abbess, S. (1989). Mode of processing and hemisphere differences in the judgment of musical stimuli. *British Journal of Psychology*, 80, 169-180. <https://doi.org/10.1111/j.2044-8295.1989.tb02311.x>

Bialystok, E., & DePape, A.-M. (2009). Musical expertise, bilingualism, and executive functioning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35(2), 565–574. <https://doi.org/10.1037/a0012735>

Chan, A. S., Ho, Y. C., & Cheung, M. C. (1998). Music training improves verbal memory. *Nature*, 396(6707), 128-128. <https://doi.org/10.1038/24075>

Clayton, K. K., Swaminathan, J., Yazdanbakhsh, A., Zuk, J., Patel, A. D., & Kidd Jr, G. (2016). Executive function, visual attention and the cocktail party problem in musicians and non-musicians. *PloS one*, 11(7). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0157638>

D'Souza, A. A., Moradzadeh, L., & Wiseheart, M. (2018). Musical training, bilingualism, and executive function: working memory and inhibitory control. *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3(1). <https://doi.org/10.1186/s41235-018-0095-6>

Feldberg, C., Stefani, D., Moya García, L., Mailing, I., Caruso, G., Somale, M. V., & Allegri, R. (2019). Measuring musical training as a proxy variable of cognitive reserve: Adaptation and validation of the Argentine version of the Musical Training Questionnaire. *Neurología Argentina*, 11(1), 3–11. <https://doi.org/10.1016/j.neuarg.2019.01.001>

Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Gray matter differences between musicians and nonmusicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999(1), 514-517. <https://doi.org/10.1196/annals.1284.062>

Guirao-Goris, J. A., Olmedo Salas, A., & Ferrer Ferrandis, E. (2008). El artículo de revisión. *Revista iberoamericana de enfermería comunitaria*, 1(1), 1-25.

Hanna-Pladdy, B., & Gajewski, B. (2012). Recent and past musical activity predicts cognitive aging variability: direct comparison with general lifestyle activities. *Frontiers in Human Neuroscience*, 6, 198. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2012.00198>

Hanna-Pladdy, B., & MacKay, A. (2011). The relation between instrumental musical activity and cognitive aging. *Neuropsychology*, 25(3), 378–386. <https://doi.org/10.1037/a0021895>

Hund-Georgiadis, M., & von Cramon, D. Y. (1999). Motor-learning-related changes in piano players and non-musicians revealed by functional magnetic-resonance signals. *Experimental Brain Research*, 125(4), 417–425. <https://doi.org/10.1007/s002210050698>

Hutchinson, S., Lee, L., Gaab, N., & Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cerebral cortex*, 13(9), 943-949. <https://doi.org/10.1093/cercor/13.9.943>

Hyde, K. L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. C., & Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019-3025. <https://doi.org/10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009>

Justel, N. & Díaz Abrahan, V., (2012). Plasticidad Cerebral: Participación Del Entrenamiento Musical Brain Plasticity: Musical Training Involvement. *Suma Psicológica*, 19(1), 97–108.

Luo, C., Guo, Z. W., Lai, Y. X., Liao, W., Liu, Q., Kendrick, K. M., ... & Li, H. (2012). Musical training induces functional plasticity in perceptual and motor networks: insights from resting-state FMRI. *PLoS one*, 7(5). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0036568>

Martín Requejo, K. (2018). Relación entre la práctica musical, la memoria verbal, la cognición creativa y el rendimiento académico [Tesis de maestría]. Universidad Internacional de La Rioja, Bilbao. <https://reunir.unir.net/handle/123456789/6916>

Moradzadeh, L., Blumenthal, G., & Wiseheart, M. (2015). Musical training, bilingualism, and executive function: A closer look at task switching and dual-task performance. *Cognitive Science*, 39(5), 992-1020. <https://doi.org/10.1111/cogs.12183>

Münste, T. F., Altenmüller, E., & Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 3(6), 473-478. <https://doi.org/10.1038/nrn843>

Norton, A., Winner, E., Cronin, K., Overy, K., Lee, D. J., & Schlaug, G. (2005). Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability? *Brain and cognition*, 59(2), 124-134. <https://doi.org/10.1016/j.bandc.2005.05.009>

Opdebeeck, C., Martyr, A., & Clare, L. (2015). Cognitive reserve and cognitive function in healthy older people: a meta-analysis. *Aging, Neuropsychology, and Cognition*, 23(1), 40-60. <https://doi.org/10.1080/13825585.2015.1041450>

Pallesen, K. J., Brattico, E., Bailey, C. J., Korvenoja, A., Koivisto, J., Gjedde, A., & Carlson, S. (2010). Cognitive control in auditory working memory is enhanced in musicians. *PloS one*, 5(6). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0011120>

Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L. E., & Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, 392(6678), 811-814. <https://doi.org/10.1038/33918>

Parbery-Clark, A., Skoe, E., Lam, C., & Kraus, N. (2009). Musician enhancement for speech-in-noise. *Ear and hearing*, 30(6), 653-661. <https://doi.org/10.1097/AUD.0b013e3181b412e9>

Parbery-Clark, A., Strait, D. L., Anderson, S., Hittner, E., & Kraus, N. (2011). Musical experience and the aging auditory system: implications for cognitive abilities and hearing speech in noise. *PloS one*, 6(5), e18082. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0018082>

Potter, G. G., Helms, M. J., & Plassman, B. L. (2007). Associations of job demands and intelligence with cognitive performance among men in late life. *Neurology*, 70(Issue 19, Part 2), 1803-1808. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000295506.58497.7e>

Román-Caballero, R., & Lupiáñez, J. (2019). El impacto cognitivo de la práctica musical: Explorando las ventajas de un mundo musicalmente activo. *Ciencia Cognitiva*, 13:1, 21-23.

Satz, P. (1993). Brain reserve capacity on symptom onset after brain injury: a formulation and review of evidence for threshold theory. *Neuropsychology*, 7(3), 273. <https://doi.org/10.1037/0894-4105.7.3.273>

Salthouse, T. A. (2009). When does age-related cognitive decline begin?. *Neurobiology of Aging*, 30(4), 507–514. doi:10.1016/j.neurobiolaging.2008.09.023

Scarmeas, N., Levy, G., Tang, M.-X., Manly, J., & Stern, Y. (2001). Influence of leisure activity on the incidence of Alzheimer's Disease. *Neurology*, 57(12), 2236–2242. <https://doi.org/10.1212/wnl.57.12.2236>

Schellenberg, E. G. (2006). Long-term positive associations between music lessons and IQ. *Journal of Educational Psychology*, 98(2), 457–468. <https://doi.org/10.1037/0022-0663.98.2.457>

Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Staiger, J. F. & Steinmetz, H (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047–1055. [https://doi.org/10.1016/0028-3932\(95\)00045-5](https://doi.org/10.1016/0028-3932(95)00045-5).

Schlaug, G., Forgeard, M., Zhu, L., Norton, A., Norton, A., & Winner, E. (2009). Training-induced neuroplasticity in young children. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 205.

Schlaug, G. (2001). The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 930(1), 281-299. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2001.tb05739.x>

Siedlecki, K. L., Stern, Y., Reuben, A., Sacco, R. L., Elkind, M. S. V., & Wright, C. B. (2009). Construct validity of cognitive reserve in a multiethnic cohort: The Northern Manhattan Study. *Journal of the International Neuropsychological Society*, 15(04), 558. <https://doi.org/10.1017/s1355617709090857>

Slater, J., Azem, A., Nicol, T., Swedenborg, B., & Kraus, N. (2017). Variations on the theme of musical expertise: cognitive and sensory processing in percussionists, vocalists and non-musicians. *European Journal of Neuroscience*, 45(7), 952-963. <https://doi.org/10.1111/ejn.13535>

Slevc, L. R., Davey, N. S., Buschkuhl, M., & Jaeggi, S. M. (2016). Tuning the mind: Exploring the connections between musical ability and executive functions. *Cognition*, 152, 199-211. <https://doi.org/10.1016/j.cognition.2016.03.017>

Stern, Y. (2017). An approach to studying the neural correlates of reserve. *Brain imaging and behavior*, 11(2), 410-416. <https://doi.org/10.1007/s11682-016-9566-x>

Stern, Y. (2009). Cognitive reserve. *Neuropsychologia*, 47(10), 2015–2028. <https://doi:10.1016/j.neuropsychologia.2009.03.004>.

Stern, Y., Albert, S., Tang, M.-X., & Tsai, W.-Y. (1999). Rate of memory decline in AD is related to education and occupation: Cognitive reserve?. *Neurology*, 53(9), 1942–1942. <https://doi.org/10.1212/wnl.53.9.1942>

Stern, Y., Gurland B, Tatemichi TK, Tang MX, Wilder D, Mayeux R. (1994). Influence of Education and Occupation on the Incidence of Alzheimer's Disease. *JAMA: The Journal of the American Medical Association*, 271(13), 1004. <https://doi.org/10.1001/jama.1994.03510370056032>

Stern, Y., Habeck, C., Moeller, J., Scarmeas, N., Anderson, K. E., Hilton, H. J., ... Van Heertum, R. (2005). Brain networks associated with cognitive reserve in healthy young and old adults. *Cerebral Cortex*, 15(4), 394–402. <https://doi.org/10.1093/cercor/bhh142>

Strait, D. L., Kraus, N., Parbery-Clark, A., & Ashley, R. (2010). Musical experience shapes top-down auditory mechanisms: evidence from masking and auditory attention performance. *Hearing research*, 261(1-2), 22-29. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.12.021>

Suárez, L., Elangovan, S., & Au, A. (2016). Cross-sectional study on the relationship between music training and working memory in adults. *Australian Journal of Psychology*, 68(1), 38-46. <https://doi.org/10.1111/ajpy.12087>

Talamini, F., Altoè, G., Carretti, B., & Grassi, M. (2017). Musicians have better memory than nonmusicians: A meta-analysis. *PloS one*, 12(10), e0186773. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0186773>

Tervaniemi, M., Just, V., Koelsch, S., Widmann, A., & Schröger, E. (2005). Pitch discrimination accuracy in musicians vs nonmusicians: an event-related potential and behavioral study. *Experimental brain research*, 161(1), 1-10. <https://doi.org/10.1007/s00221-004-2044-5>

Tucker, A. M., & Stern, Y. (2011). Cognitive reserve in aging. *Current Alzheimer research*, 8(4), 354–360. <https://doi.org/10.2174/156720511795745320>

Zatorre, R. J., Chen, J. L., & Penhune, V. B. (2007). When the brain plays music: auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 547–558. <https://doi.org/10.1038/nrn2152>

Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., & Gaab, N. (2014). Behavioral and neural correlates of executive functioning in musicians and non-musicians. *PloS one*, 9(6), e99868. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0099868>