

CAPÍTULO 3

Funcionamiento de la atención y la memoria operativa en niños que interpretan instrumentos de textura polifónica o monofónica

Juan Fernando Moreno Montoya
Paula Andrea Montoya Zuluaga
Dina Marín Espitia

La práctica musical es un entrenamiento multisensorial que requiere de complejas operaciones cognitivas; por ello, la formación musical ha sido asociada al mejoramiento de diversos procesos cognitivos, entre ellos la atención y la memoria operativa. Estudios comportamentales y fisiológicos han demostrado diferencias en cuanto a funcionamiento y neuroplasticidad entre músicos y no músicos; así mismo, a través de un estudio comparativo se encontró que los músicos que tocaban un instrumento de textura polifónica superaron en rendimiento a un grupo de músicos que tocaba instrumentos de textura monofónica. Con base en lo anterior, el presente estudio de caso tiene como objetivo explorar las características del funcionamiento de la atención y la memoria operativa en tres niños, un pianista (polifonía), un flautista (monofonía) y un niño control. Se aplicaron pruebas neuropsicológicas a cada uno de los casos y al niño control, y se compararon las ejecuciones entre ellos. También se realizaron análisis para identificar diferencias clínicamente significativas, y los resultados sugieren que el niño con formación en piano tiene un funcionamiento de la atención y memoria de trabajo más alto que el niño con formación en flauta y que el caso control.

Introducción

Cuervo y Quijano (2008) afirman que “la atención ha sido definida como un estado neurocognitivo de preparación, que precede a la percepción y a la acción” (p. 169), sin embargo, su disponibilidad o estado de alerta fluctúan considerablemente (De Vega, 1984). En este mismo sentido, Posner y Petersen (1990) proponen que existen diferentes tipos de atención, definidas tanto anatómica como funcionalmente; existe entonces un sistema de alerta, un sistema de orientación y un sistema de atención ejecutiva, este último responsable del control atencional, respuestas a nuevos eventos, resolución de conflictos e inhibición de respuestas automáticas.

Para Mirsky, Anthony, Duncan, Ahearn & Kellam (1991), la atención es un sistema multidimensional coordinado que incluye elementos para una atención sostenida, para una focalización/ejecución, para una codificación, para cambiar o alternar la regla de ejecución, y un último elemento de estabilidad para referirse a la consistencia o esfuerzo atencional a lo largo del tiempo.

Parafraseando a Chun y Turk-Browne (2007), la atención y la memoria se han relacionado constantemente, incluso se ha afirmado que son interdependientes, es decir, ninguno de los dos constructos puede operar sin el otro. Mientras que la memoria tiene una capacidad limitada y determina qué será codificado, la atención termina dirigiendo la formación de memorias; al respecto, estudios de neuroimagen han esclarecido cómo los mecanismos de control atencional pueden afectar la codificación perceptual y episódica (Ranzini, Dehaene, Piazza, & Hubbard, 2009).

En este sentido, la memoria es un proceso cognitivo que posibilita la codificación, organización, almacenamiento y evocación de la información (Craik & Lockhart, 1972). Existen diferentes tipos de memoria, que se definen como sistemas, lo que implica asumir que poseen bases neuránótomicas específicas y se encargan de informaciones diferentes (Labos, Slachevsky, Fuentes & Manes, 2008). Uno de estos es el llamado sistema de memoria operativa, o conocido también como sistema de memoria de trabajo (SMO); se encuentra en el sistema de memoria a corto plazo; y ha sido propuesto por Baddeley y Hitch (1974), quienes le atribuyen la capacidad de mantener en el sistema de memoria a corto plazo la información requerida para dar respuesta a los estímulos, pero con la capacidad y la funcionalidad de traer de un sistema de memoria a largo plazo aquella información requerida y que necesita explicitarse o declararse.

Es importante hacer la aclaración que el SMO no debe interpretarse como un tipo de memoria; Tirapu-Ustároz y Muñoz-Céspedes (2005), afirman que el SMO no es un sistema de memoria como tal, sino que es un sistema atencional para la memoria, en la cual interactúan la memoria a corto plazo y la memoria a largo plazo.

El SMO posee varios subcomponentes (Baddeley & Hitch, 1974), el sistema ejecutivo central (SEC) encargado del control atencional, la selección de estímulos, y la coordinación, mantenimiento, manipulación y actualización de la tarea, y de realizar operaciones de control y selección de estrategias. Dicho componente no contiene información, por lo que es inapropiado relacionarlo con memoria, pero sí contiene varios subprocesos. De allí, se opta por afirmar la existencia de un sistema atencional supervisor (Norman & Shallice, 1986) para referirse al SEC.

El SEC es el articulador de tres mecanismos especializados: el bucle fonológico, encargado del almacenamiento de la información auditivo-verbal, y asistido por un proceso articulatorio que permite el habla interna; la agenda viso espacial capaz de la percepción visual y la generación de representaciones viso-espaciales mentales (Baddeley & Hitch, 1974); y el buffer episódico, que no solo se encarga de activar información que se encuentra en el sistema de memoria a largo plazo, sino que también, al convertirse en un modulador mental, permite la orientación de conductas hacia acciones futuras (Baddeley, 2000).

Con respecto al tema, Prabhakaran, Narayanan, Zhao y Gabrieli (2000), realizaron un estudio de imagen por resonancia magnética, con el objetivo de identificar qué regiones cerebrales estaban involucradas en el mantenimiento integrado de la información vs el mantenimiento no integrado de la información, en el SMO. Los hallazgos fueron una mayor activación del córtex prefrontal, para cantidades iguales de información verbal y espacial integradas, que las no integradas. Estos resultados proporcionaron evidencia de la existencia del buffer episódico y confirmaron la especialización del lóbulo frontal en el mantenimiento de representaciones en la memoria operativa, que integra información verbal y espacial. El buffer episódico, entonces, es un sistema que almacena simultáneamente información de la agenda viso espacial, del bucle fonológico y de la memoria a largo plazo, permitiendo crear una representación multimodal y temporal de la actividad ejecutada.

El SMO permitirá el almacenamiento y la manipulación activa de la información en el transcurso de una tarea, posibilitando realizar tareas cognitivas complejas como escribir, leer, realizar operaciones de cálculo, entre otras (Gathercole, Alloway, Willis, & Adams, 2006; Just & Carpenter, 1992).

Acercando más la mirada al foco del presente estudio de caso, es importante reconocer que dentro de la música tonal occidental existen diversas maneras en la que sus elementos se estructuran y se les conoce bajo el nombre de texturas musicales. Estas texturas abarcan: la polifónica, la cual contiene múltiples líneas melódicas, cada una de igual importancia y que se entrecruzan en el tiempo (Fujioka, Trainor, Ross, Kakigi, & Pantev, 2005); y la textura monofónica, que por el contrario, se refiere a una sola línea melódica o una voz.

Dichas texturas musicales también se pueden presentar en los instrumentos, es decir, hay instrumentos monofónicos que solo pueden producir una nota al tiempo, como por ejemplo el clarinete, mientras que los instrumentos polifónicos pueden producir diversas notas o líneas melódicas al mismo tiempo, como por ejemplo

el piano y la guitarra. Las texturas musicales tienen una implicación directa en cuanto a la lectura, escritura y estudio del instrumento; por ejemplo, una partitura para piano requerirá una lectura diferente a la de una partitura para flauta (lectura vertical vs lectura horizontal).

Por su parte, el aprendizaje es la capacidad para obtener nuevos conocimientos o destrezas, mediante la instrucción o la experiencia (Tortora & Grabowski, 1996); a la facultad que tiene el cerebro para transformarse a causa del aprendizaje, se le conoce como plasticidad cerebral. De acuerdo con Drubach (2000), al menos dos tipos de modificaciones ocurren en el cerebro durante el aprendizaje; cambios internos en la estructura de las neuronas, específicamente en la sinapsis, y un incremento en el número de sinapsis entre las neuronas. De este modo, el aprendizaje de un instrumento musical es un entrenamiento multisensorial, que requiere una cantidad de habilidades que incluye la interpretación de un sistema de símbolos complejos (notación musical), trasladarlos a una actividad bimanual motora, desarrollar habilidades motoras finas y memorizar largos pasajes musicales (Schlaug, Norton, Overy, & Winner, 2005), destrezas que involucran cambios en la estructura neuronal.

En este sentido, estudios entre músicos y no músicos han reportado diferencias neuroanatómicas en áreas del cuerpo calloso (Schlaug, Jancke, Huang, Staiger, & Steinmetz, 1995; Schmithorst & Wilke, 2002), en áreas posteriores del giro precentral (Amunts et al., 1997), en la parte anterior-medial del giro Heschl (Schneider et al., 2002), en áreas del cerebelo (Hutchinson, Lee, Gaab, & Schlaug, 2003) y en áreas bilaterales del giro lingual, giro inferior frontal derecho y regiones occipitales (Sato, Kirino & Tanaka, 2015).

De la mano con dichas diferencias, numerosos estudios han asociado la práctica musical a mejorías en diversas funciones cognitivas: razonamiento no verbal (Forgeard, Winner, Norton, & Schlaug, 2008), memoria verbal (Brandler & Rammsayer, 2003; Ferreri, Bigand, Bard, & Bugaiska, 2015), aritmética (Zafran, 2004), procesamiento verbal (Helmbold, Rammsayer & Altenmüller, 2005), procesamiento visual (Jakobson, Lewycky, Kilgour & Stoesz, 2008; Zafran, 2004;), lectura (Moreno et al., 2009), supresión de estímulos irrelevantes (Schroeder, Marian, Shook, & Bartolotti, 2016), e incluso se relaciona con efectos positivos en la recuperación cognitiva después de derrames cerebrales (Särkämö et al., 2008). (Para una revisión mas extensa ver François, Grau-Sánchez, Duarte y Rodriguez-Fornells, 2015).

Por su parte, Neville et al. (2009) se interesan en observar si el entrenamiento musical potencializa funciones cognitivas, y si esta potencialización se relaciona con el incremento de la atención. Dichos autores realizan un estudio longitudinal con diferentes tipos de intervención durante ocho semanas, donde se valoran 88 niños de bajo estrato socioeconómico, en edades comprendidas entre los 3 y 5 años, pertenecientes a una misma institución educativa. Antes y después de la intervención, realizan una evaluación del lenguaje (CELF-P2), de coeficiente intelectual (CI) (Stanford-Binet Intelligence Scales-5th Ed y Wechsler Preschool and Primary Scale-3 Ed-WPPSI-III), de identificación de palabras a través de imágenes (The Peabody Picture Vocabulary

Test-ThirdEdition, PPVT-III), de identificación de letras (The page of letter from the Observation Survey of Early Literacy Achievement), y una prueba de números, diseñada por los autores, para evaluar habilidades numéricas (denominación de dígitos, conteo verbal y cantidades).

Para el desarrollo del estudio conformaron dos grupos, el grupo caso (recibió clases de música) y el grupo control (recibió clases regulares e instrucción en atención y reconocimiento de detalles). Dentro del grupo control se establecieron tres subgrupos a los que se intervino de manera diferente: 1) uno grande de niños que recibieron clases regulares de la institución escolar, 2) uno pequeño de niños que recibieron clases regulares de la institución escolar, y 3) uno pequeño que recibió instrucción en atención y reconocimiento de detalles.

La clasificación de los grupos la realizaron con el objetivo de identificar si los efectos observados en el grupo caso se relacionan con el entrenamiento musical, o si otros tipos de entrenamientos (clases regulares e instrucción en atención y reconocimiento de detalles) también llegan a generar efectos similares.

Los resultados preliminares mostraron una mejoría significativa en CI no verbal, números y cognición espacial en el grupo control 2 y 3, y el grupo caso, en comparación con el grupo control 1. Hubo más diferencias significativas entre el grupo caso y el grupo control 3 (quienes recibieron instrucción en atención y reconocimiento de detalles). Estos resultados llevan a los autores a afirmar que el entrenamiento musical y el entrenamiento en atención, potencializan los procesos cognitivos, en la medida en que hay mejorías en la atención. Dichos adelantos pudieran verse explicados por el hecho de que los entrenamientos musicales implican en gran medida una tutoría individual, factor que pudiera llegar a entrenar la atención (Neville et al., 2009).

De otro lado, Särkämö et al. (2008) reportaron que escuchar música ayuda a la recuperación cognitiva en pacientes que sufrieron un derrame cerebral. En su estudio observan si la escucha diaria de música ayuda a la recuperación cognitiva y al estado de ánimo. 60 pacientes fueron divididos en tres grupos; un grupo al cual se le asignó escuchar música cotidianamente, durante dos meses; otro grupo al que se le fijó escuchar audio *books* durante la misma cantidad de tiempo; y un grupo control. Los resultados fueron que los pacientes que escucharon música durante 1 o 2 horas diarias mostraron una mejoría significativa en la atención sostenida y la memoria verbal, en comparación con el grupo que escuchó audio *books*, y el grupo control.

Asimismo, en un estudio con magnetoencefalograma (Trainor, Shahin & Roberts, 2009), se exploran los efectos del entrenamiento musical en la actividad del ritmo Gamma que es considerada por varios autores como un patrón de oscilación neuronal que refleja la integración de diferentes funciones cognitivas, entre ellas visuales, auditivas, atencionales, procesos de anticipación y de expectativa, en las cuales las características musicales como el tono, el timbre y la armonía serían procesadas, así como las representaciones de sonidos

en la memoria a largo plazo (Bhattacharya, Petsche & Pereda, 2001; Gurtubay, Alegre, Valencia, & Artieda, 2006; Hannemann, Obleser & Eulitz, 2007; Singer & Gray, 1995; Tallon-Baudry, Bertrand, Delpuech & Pernier, 1996; Zanto et al., 2005).

El estudio se divide en dos partes; en la primera participan 11 violinistas profesionales, 9 pianistas amateurs y 14 personas sin acercamiento a la música, a quienes se les toman registros de electroencefalograma durante el procesamiento de estímulos musicales; en la segunda cooperan 12 niños, de los cuales la mitad recibe un entrenamiento musical en piano siguiendo el método Suzuki, durante un año.

El método Suzuki fue creado por el violinista y pedagogo japonés Shinichi Suzuki (1898-1998), quien consideraba que la habilidad musical no depende de un talento innato, sino de una destreza que se puede desarrollar; este método se caracteriza por ser un programa equitativo y progresivo, al que cualquier niño puede ingresar sin importar su grado de destreza musical, y que involucra el acompañamiento de los padres en el proceso de aprendizaje de los niños.

En dicho estudio se toman medidas de electroencefalograma antes y después de la intervención musical; los autores observan que la actividad del ritmo gamma por parte de los niños que recibieron el entrenamiento musical fue diferente a la del grupo control, también reportan la observación de una mayor actividad del ritmo gamma en los adultos músicos, con respecto al grupo no músico; los autores concluyen que el entrenamiento musical está asociado a una mayor actividad del ritmo gamma, que puede estar relacionada con un mejor funcionamiento ejecutivo, y que dicha actividad se puede alterar después de 12 meses de entrenamiento musical en niños de 4 años.

De manera similar, Fujioka, Ross, Kakigi, Pantev y Trainor (2006), conducen un estudio longitudinal con una intervención musical de un año, utilizando el método Suzuki en un grupo de niños de 4 a 6 años de edad.

Los autores toman 4 registros de magnetoencefalograma (MEG) durante el transcurso del año, con el objetivo de observar cómo las respuestas auditivas cerebrales maduran en un periodo de 12 meses, cómo son las respuestas cerebrales para estímulos musicales y no musicales, y cómo el entrenamiento musical puede afectar la maduración normal de los potenciales evocados auditivos, cuya morfología tarda en madurar alrededor de los 20 años (Ponton, Eggermont, Khosla, Kwong, & Don, 2002).

Igualmente, los autores toman dos medidas comportamentales antes y después de la intervención musical, para correlacionarlas con los registros de magnetoencefalograma, midiendo su capacidad de discriminación musical y MO. Se administra el subtest de dígitos del WISC-III (Wechsler, 1991), y varios test musicales que evaluaban la discriminación de secuencias iguales o diferentes agrupadas en tres categorías.

Los resultados de los test musicales y los subtets de dígitos mostraron una mayor mejoría en el grupo de los niños que recibieron lecciones musicales, que el grupo control; con respecto a los test musicales, las puntuaciones iniciales de la media fueron de 13.7 para el grupo de niños entrenados en música, y 14.5 para el grupo control; un año después, las puntuaciones fueron de 19.2 (con entrenamiento musical) y 16.3 (sin entrenamiento musical), mostrando una mejoría de 5.5 en el grupo Suzuki.

Para los subtest de dígitos, las puntuaciones iniciales fueron de 8.5 para el grupo Suzuki, y 8.7 para el grupo control; después de un año, las puntuaciones fueron de 12.2 (grupo Suzuki) y 10.0 (grupo control).

En cuanto a los potenciales evocados auditivos hacia estímulos musicales (en este caso el sonido del violín), los investigadores observaron cambios morfológicos en los picos de latencia y amplitud, particularmente en una ventana de tiempo de 100–400 ms, como una modulación más rápida y significativa del potencial N250m (componente asociado con la atención involuntaria) (Johnstone, Barry, Anderson & Coyle, 1996; Oades, Dittmann-Balcar & Zerbin, 1997), en el grupo de los niños que recibieron la instrucción musical. Los autores concluyen que el entrenamiento musical puede alterar el desarrollo normal de los potenciales evocados auditivos, en respuesta a estímulos musicales, mas no a sonidos no musicales como el ruido, cambios que están acompañados de mejoramientos en el rendimiento de tareas de discriminación musical y MO.

Otro estudio es presentado por Lee, Lu, y Ko (2007), quienes examinaron los efectos del entrenamiento musical y el entrenamiento del ábaco mental en la MO; para ello, dos experimentos fueron ejecutados: un grupo de niños de 12 años, entrenados en el ábaco mental (tarea que consiste en realizar operaciones matemáticas basadas en representaciones mentales del ábaco físico), y un grupo control. A estos grupos se les administró los subtest de dígitos directos, inversos, y un span espacial simple y complejo.

Finalmente, los autores encuentran que el entrenamiento en el ábaco mental está asociado a mejorías en la capacidad de almacenamiento de información visoespacial, mientras que el entrenamiento musical está relacionado, en mayor medida, con progresos en el almacenamiento de información verbal (efecto que se evidenció en el grupo de adultos y niños músicos); sin embargo, también se mostraron avances de procesos visoespaciales y de memoria operativa en dicho grupo. El anterior hallazgo lleva a los autores a considerar la idea de que el entrenamiento musical puede asociarse a mejorías en el almacenamiento visoespacial como control ejecutivo.

De otro lugar, George y Coch (2011) conducen un estudio para explorar si el entrenamiento musical a largo plazo está asociado a mejorías en la MO; los autores utilizan medidas comportamentales y de potenciales evocados a eventos en dos grupos de personas entre los 18 y 24 años de edad, un grupo conformado por músicos y otro por personas sin experiencia musical.

Se administra, de la batería TOMAL-2 segunda edición (Reynolds & Voress, 2007), los subtests de dígitos directos (DF), letras directas (LF), memoria de abstracción visual (MAV), memoria de locación (ML), dígitos inversos (DI), y letras inversas (LI); estos dos últimos subtest relacionados con la medición de memoria operativa. Los resultados constatan que el grupo de los músicos logró un mejor desempeño en todos los subtests administrados; con respecto a los subtests de MO, se alcanzaron las siguientes puntuaciones: el grupo de músicos en el test DI obtuvo un 12,44(DE= 2.13), el grupo control una puntuación de 10.71(DE= 2.44); en el test LI los músicos consiguieron un 12,00(DE= 2.92) y el grupo control tuvo 10.94(DE= 2.43); por su parte, el rendimiento en MO para los músicos fue de 12.22, y para el grupo control de 10.84.

Con respecto a las medidas electrofisiológicas, se utilizó el paradigma oddball en la modalidad visual y modalidad auditiva, para evocar el componente P300. En dicho paradigma, el participante debe identificar un estímulo diana o estímulo divergente dentro de una sucesión de estímulos estándares. El P300 es un potencial evocado que dentro del paradigma oddball se ha relacionado directamente con la actualización de la información en una tarea de memoria operativa (Donchin & Coles, 1988).

En efecto, los potenciales evocados de los músicos mostraron una latencia más corta y una mayor amplitud dentro del paradigma oddball, lo que refiere a un reconocimiento más temprano del estímulo divergente o una actualización más ligera de la información, además de un procesamiento más eficaz y fácil del estímulo, mostrando un mayor grado de sensibilidad hacia los estímulos presentados. Estos hallazgos llevan a los autores a concluir que el entrenamiento musical a largo plazo está asociado a mejorías en la MO, tanto en el dominio visual como en el auditivo.

Por otra parte, Bermúdez (2009) realiza un estudio transversal donde precisa las características neuropsicológicas de 30 niños entre 8 y 10 años de edad con una formación musical integral, y un grupo control (la mayoría de niños músicos interpretaba el piano). La duración de la educación integral musical en el grupo control fue de mínimo 2 años, recibiendo 3 horas semanales de instrucción musical, con una práctica diaria de instrumentos entre 20 minutos y 1 hora y media.

En el mencionado estudio, se administran los siguientes test: la Escala Multimodal de la Conducta – BASC, Escala Wechsler de Inteligencia para Niños – IV (WISC–IV), el Test de aprendizaje auditivo verbal de Rey, Test de clasificación de tarjetas Wisconsin, Test de colores y palabras de Stroop, Fluidez verbal (FAS), el TrailMaking Test forma B, Percepción Auditiva y Figura de Rey Osterrieth.

Los resultados fueron que los niños con formación musical consiguieron mayores puntuaciones en los test administrados, que los niños sin formación musical, arrojando diferencias estadísticamente significativas en el índice de comprensión verbal, índice de razonamiento perceptual y el índice de memoria operativa del WISC-IV.

Además, en relación con el índice de memoria operativa se obtuvieron las siguientes puntuaciones: 114.43 (11.46) para los niños con formación musical, y 106.96 (13.76) para el grupo control. En cuanto al TMT parte B la puntuación fue de 66,70 (26.15) para los niños músicos, y 77,22 (31.43) para el grupo control.

A partir de estos resultados, Bermúdez (2009) concluye que la educación musical integral facilita un mejor funcionamiento neuropsicológico, en especial del coeficiente intelectual y la memoria verbal, en niños de entre 8 a 10 años de edad. El índice de memoria operativa y pruebas relacionadas con la atención fueron mayores en el grupo experimental que en el grupo control.

Sobre este tema, estudios revelan que la ventaja de los músicos para el almacenamiento de la información auditiva, no se relaciona exclusivamente con una capacidad superior de codificación auditiva por la experiencia musical a largo plazo, sino con mejores procesos de MO (Berti, Münzer, Schröger, & Pechmann, 2006).

También, Nutley, Darki y Klingberg (2014), realizan un estudio longitudinal con una población de 352 personas entre los 6 y 25 años de edad, con el objetivo de investigar los efectos de la práctica musical en la MO, la velocidad de procesamiento y la habilidad de razonamiento durante el desarrollo de la niñez y adolescencia. Para esto, se administraron diversas pruebas neuropsicológicas, entre ellas el test de matrix de puntos de la batería WMA (del inglés: Automated, Working Memory Assessment-AWMA) de Alloway (2007), como indicador de MO visoespacial; y la prueba de dígitos inversos como indicador de MO verbal. Adicionalmente, a 64 participantes se les toman muestras fisiológicas, usando morfometría basada en vóxel como indicador del volumen de materia gris.

Dichas pruebas son aplicadas en tres momentos, en el año 2007, el año 2009 y el año 2011. Se alcanzan las siguientes puntuaciones para los test de MO: en el 2007, los músicos obtienen una puntuación de 16.50 para dígitos, 26.73 para letras y dígitos, y 28.22 para matrices de puntos, mientras que el grupo de los no músicos logra una puntuación de 13.98 para dígitos, 22.37 para dígitos y letras, y 25.38 para matrices de puntos. En el 2009, el grupo de músicos obtiene 16.81 para dígitos, 28.65 para letras y dígitos, y 29.60 para matrices de puntos, y el grupo sin acercamiento musical puntúa 15.99, 27.81 y 27.93 para la prueba de dígitos, letras y dígitos y matrices de punto, respectivamente. En la última medición, la de 2011, el grupo de músicos obtiene 20.53 para dígitos, 31.35 para letras y dígitos, y 33.53 para matrices de puntos; y el grupo de los no músicos puntúa 17.94, 32.64 y 30.44 para los test de dígitos, letras y dígitos, y matrices de puntos, respectivamente.

Con estos resultados, los autores concluyen que la práctica musical está asociada a mejoras en el funcionamiento de la MO, tanto en la modalidad visual como en la verbal, evidenciándose diferencias significativas para la modalidad visual, y en procesos de velocidad de procesamiento y procesos matemáticos, en el grupo de músicos. Adicionalmente, hallan diferencias del volumen de materia gris entre el grupo de los músicos y no músicos, en áreas occipito-temporales e insulares; resultado que es consistente con recientes investigaciones

que reportan una mayor acumulación de materia gris en músicos en el giro fusiforme (James et al., 2014), área relacionada con la decodificación de la notación musical (Schon, Anton, Roth, & Besson, 2002; Stewart et al., 2003).

Los resultados de las investigaciones precedentes son congruentes con los efectos reportados en una serie de estudios realizados por Moreno et al. (2009), Moreno et al. (2011), Moreno, Friesen y Bialystok (2011), en donde se compararon los efectos de una intervención musical con un entrenamiento en pintura, en niños de 4 a 6 y de 7 a 8 años de edad. En estos estudios se observó un fortalecimiento no solo en el procesamiento auditivo, sino también en la modalidad visual y en ciertas funciones ejecutivas en los niños que participaron en el entrenamiento musical, pero no en los niños que recibieron el entrenamiento en artes visuales.

Con base en los resultados de las investigaciones donde se compararon los efectos de la práctica musical con otras intervenciones, es importante preguntar: ¿Por qué la práctica musical resulta en el fortalecimiento de ciertos procesos cognitivos y otras intervenciones no?

Moreno y Bildeman (2014) sugieren que el impacto de la práctica musical en el funcionamiento cognitivo es mediado por efectos de transferencia cercana (misma modalidad sensorial) y de transferencia lejana (otras modalidades sensoriales ajenas al entrenamiento), efectos que abarcan un fortalecimiento en la función de áreas primarias o perceptuales como la cóclea, hasta áreas corticales de orden superior como las prefrontales, frontales y motoras.

Tres factores son cruciales para explicar por qué la música puede generar efectos de transferencia lejana o beneficios diferentes en comparación con otras disciplinas:

Su complejidad (Moreno & Bidelman, 2013). Implica un funcionamiento altamente exigente de los procesos atencionales y de MO. La constante repetición de actividades musicales complejas, fortalece diferentes procesos atencionales y componentes de la MO como el SEC (Ito, 1997) y el componente espacial y el funcionamiento tonal (George & Coch, 2011); mejora que puede explicar las habilidades superiores en músicos para mantener, monitorear y anticipar secuencias (Chen, Penhune y Zatorre, 2008).

- Su impacto en el lenguaje. François et al. (2015) consideran 3 aspectos para explicar dicha influencia. Primero, el procesamiento auditivo, importante para el procesamiento de las dos dimensiones. Segundo, las similitudes entre el lenguaje y la música; ambas requieren del procesamiento de señales acústicas como la altura, la intensidad, el timbre, la duración y el mantenimiento de secuencias de sonidos de una manera estructurada. Tercero, áreas corticales y subcorticales comunes cuando se procesan estímulos

musicales y verbales, noción reforzada por los beneficios reportados en el lenguaje, después de intervenciones musicales en personas con dislexia (Habib et al., 2016) y afasia de Broca (Cortese, Riganello, Arcuri, Pignataro & Buglione, 2015; Schlaug, Marchina & Norton, 2008).

- Su naturaleza multisensorial y por ende altamente asociativa. Zatorre y McGill (2005) afirman que la práctica musical requiere de una variedad de redes neurales que fundamentan la asociación de procesos auditivos, visuales, motores y de memoria; posición que es acentuada recientemente por Van de Cavey & Robert Hartsuiker (2016) al sugerir la existencia de mecanismos cognitivos generales para la estructuración de información de diferentes modalidades sensoriales.

Así pues, distintas investigaciones han encontrado una relación importante entre la práctica musical y la potencialización de funciones cognitivas. Aunque hay pocos estudios que se centren en explorar las características en un grupo de músicos, dependiendo del tipo de instrumentos, estilos o texturas musicales, dentro de las investigaciones que constatan diferencias entre músicos, se encuentra la realizada por Bangert y Schlaug (2006), en el que se utilizaron imágenes por resonancia magnética, hallando diferencias considerables en la expresión del llamado signo omega, una circunvolución cerebral ubicada en el giro precentral y asociada con la representación de movimientos de las manos. Su estudio comparó pianistas y violinistas y evidenció que los pianistas tenían el signo omega más elaborado bilateralmente, que los músicos que interpretaban instrumentos de cuerda frotada.

Asimismo, con el objetivo de determinar los efectos del entrenamiento musical, Carr (2012) realizó un análisis comparativo entre instrumentos de textura monofónica e instrumentos de textura polifónica. Para ello, aplicó el TMT parte A y B, 3 subtests de MO (dígitos directos, inversos y organización de dígitos), dos pruebas auditivas (precisión auditiva y de segregación auditiva), y el Test de aptitud musical AMMA (Gordon, 1989), a un grupo de músicos que interpretaban instrumentos de textura monofónica y a otros músicos que interpretaban instrumentos de textura polifónica. Los resultados mostraron en los músicos del instrumento polifónico ejecuciones por encima de los músicos monofónicos y no músicos (Puntuaciones músicos polifónicos: TMT-A= 16.22 (4.98); TMT-B= 28.24 (6.17); Dígitos directos= 10.20 (1.92); Dígitos inversos= 9.00 (1.92); Organización de Dígitos= 22.60 (1.52); Puntuaciones músicos monofónicos: TMT-A= 20.03 (3.41); TMT-B= 37.10 (12.01); Dígitos directos= 9.75 (1.98); Dígitos inversos= 9.00 (2.78); Organización de Dígitos= 20.38 (2.26); Puntuaciones no músicos: TMT-A= 20.70 (4.42); TMT-B= 39.50 (9.27); Dígitos directos= 8.58 (1.88); Dígitos inversos= 8.16 (4.22); Organización de dígitos= 17.08 (4.08)).

En cuanto al AMMA (Gordon, 1989), quienes interpretaban instrumentos polifónicos presentaron un rendimiento superior en comparación con los otros dos grupos. En la prueba de segregación auditiva, los músicos monofónicos obtuvieron una puntuación más alta que los músicos polifónicos.

Carr (2012) precisa que una posible explicación para ello, es que los músicos que interpretaban un instrumento monofónico reportaron más horas de práctica semanal (19 horas semanales), que los músicos que tocaban un instrumento polifónico (15 horas semanales); adicionalmente, los primeros reportaron también la participación en ensambles musicales, lo cual implica la extracción o descomposición de melodías de fondos armónicos, que requiere de un proceso de segregación auditiva complejo. La naturaleza de la polifonía demanda más atención en la producción y control de múltiples líneas melódicas desde el procesamiento auditivo, y más control atencional que la textura monofónica, debido al desarrollo simultáneo de múltiples voces o líneas melódicas (Carr, 2012), hecho que se relaciona con las representaciones mentales de los músicos cuando escuchan, interpretan o estudian una obra polifónica; sin embargo, en la formación musical integral y en el medio cultural es difícil no tener un contacto con la textura polifónica, incluso hasta para las personas sin una formación musical formal. Coherente con esto, Trainor (2005) y Bigand y Poulin-Charronnat (2006) afirman que, así como desde la niñez se comienza a comprender el lenguaje hablado, las personas adquieren competencias básicas musicales, mediante la exposición cotidiana a la música; esto es, sin la necesidad de una educación musical.

Basados en los hallazgos de Carr (2012) y en los demás estudios previamente descritos, el presente estudio de caso pretende explorar la existencia de diferencias entre el funcionamiento de la atención y la MO entre músicos, comparando las ejecuciones en diferentes pruebas neuropsicológicas que miden la atención y la MO en 3 niños, dos con entrenamiento musical (instrumentos polifónicos o monofónicos), y un caso control.

Se asume que los niños con formación musical presentarán un rendimiento superior en las pruebas neuropsicológicas que evalúan atención y MO, que un niño que no ha estado expuesto a entrenamiento musical. Adicionalmente, el caso con entrenamiento en instrumentos polifónicos (Piano) presentará un rendimiento diferente en relación con el caso de entrenamiento en instrumentos monofónicos, y el caso sin entrenamiento musical.

Métodos y procedimientos

Para identificar el funcionamiento de la atención y del SMO, y si existen diferencias entre dichos funcionamientos en la práctica de instrumentos polifónicos vs instrumentos monofónicos, se realizó un estudio de caso, para el que se establecieron los siguientes grupos:

- Caso 1: entrenamiento en instrumento de textura polifónica.
- Caso 2: entrenamiento en instrumento de textura monofónica
- Caso 3: sin entrenamiento musical.

Para la selección del caso 1 se tuvo en cuenta la práctica de un instrumento que permita la producción de diversas líneas sonoras, para este efecto, el piano. La selección del caso 2 consideró la práctica de un instrumento que pueda producir una sola línea melódica, es decir, instrumentos que no pueden producir dos notas o más simultáneamente; se optó por la flauta travesa. Y la selección del caso 3 tuvo en cuenta que no interpretara ningún instrumento ni tuviera una formación musical integral.

Variables sociodemográficas: casos polifonía y monofonía

- Género femenino
- 11 años de edad
- Estrato socioeconómico (ESE) 5
- Nivel de escolaridad 6º Básica Secundaria
- Promedio en rendimiento académico medio-alto
- Sin diagnósticos neuropsicológicos, psicológicos o neurológicos
- 20 meses como mínimo de práctica del instrumento musical
- Clase instrumental con tutor 1 hora a la semana
- Práctica como mínimo 3 horas a la semana extra clase
- 1:45 minutos semanales de teoría musical

Variables sociodemográficas: caso sin entrenamiento musical

- Género femenino
- edad 11 años
- ESE 5
- Nivel de escolaridad: 5º Básica Primaria
- Promedio en rendimiento académico medio-alto
- Sin diagnósticos neuropsicológicos, psicológicos o neurológicos
- Sin entrenamiento y formación musical integral

Instrumentos

TMT (del inglés Trail Making Test) **parte A y parte B**. Test creado por R.M Reitan (1958, 1992); la prueba constituye una medida de atención, velocidad de procesamiento, flexibilidad mental y búsqueda visoespacial. Se puntúa con el número de errores cometidos en el transcurso de la ejecución y el tiempo de finalización. La tarea consiste en unir, en orden ascendente, números y letras lo más eficaz posible, sin levantar el lápiz o sobrepasar los márgenes de los círculos que encierran los números y las letras.

TOMAL (Test de Aprendizaje y Memoria). Batería neuropsicológica que valora la memoria en el rango de edades de los 5 a los 19 años, y 11 meses de edad; consta de 14 tests: 10 principales y 4 complementarios, divididos en dos escalas, una verbal y otra no verbal; ofrece 4 índices principales de memoria: memoria verbal, memoria no verbal, memoria compuesta y un índice de recuerdo demorado. También ofrece índices complementarios para valorar el aprendizaje, la atención, el recuerdo asociativo, el recuerdo libre y la memoria secuencial. La versión original es de Reynolds & Bigler (1994); dentro de los test verbales se encuentran las pruebas de dígitos y letras en orden directo e inverso, que proporcionan un indicador del funcionamiento de MO. Esencialmente, los resultados de esta prueba posibilitan la identificación del funcionamiento de la MO.

Escala de Inteligencia de Weschler (WISC – IV). Batería neuropsicológica creada por Wechsler (1974) para valorar el nivel de habilidades cognitivas o capacidad intelectual en niños y adolescentes entre los 6 y 16 años, y 11 meses de edad; está conformada por 4 subescalas -comprensión verbal, razonamiento perceptual, memoria de trabajo y velocidad de procesamiento-, que están divididas en 15 subpruebas, de las cuales 5 son complementarias. El objetivo de la aplicación de la batería es identificar el funcionamiento cognitivo global de cada uno de los casos.

Resultados

Las pruebas neuropsicológicas aplicadas a los 3 casos analizados muestran en su globalidad puntuaciones superiores en el caso con entrenamiento en instrumentos polifónicos (piano); específicamente las ejecuciones en las diferentes subpruebas del WISC-IV (ver tabla 1), muestran rendimientos más altos en los casos de polifonía y monofonía, que en el caso control. El CI de los casos polifonía-monofonía se encuentra en una desviación estándar más alta de lo esperado, mientras que el caso control se encuentra dentro del límite superior de la media, comparado con la población general. Es evidente que la puntuación obtenida en la subprueba de claves constituye una diferencia clínicamente significativa entre los 3 casos, mostrando desempeños más bajos de lo esperado en la población normal, en los casos polifonía y monofonía, mientras que el caso control obtiene una puntuación dentro del rango de normalidad.

Entonces, los resultados muestran mayores habilidades de razonamiento perceptual en el caso polifónico y monofónico, no solo cuando se comparan los casos, sino que resulta ser el índice con mejores puntuaciones para los 3 casos. En el de polifonía, el índice de memoria de trabajo, junto con el índice de razonamiento perceptivo, muestra las mejores puntuaciones, seguido de comprensión verbal, y velocidad del procesamiento de la información.

Se resalta que el índice de velocidad de procesamiento de la información es el de puntuaciones más bajas para los 3 casos, pero se encuentran dentro de lo esperado en los casos polifonía y control, mientras que en el de monofonía se halla por debajo de la media.

Tabla 1

Ejecuciones en el WISC-IV de un caso con entrenamiento en instrumentos polifónicos, monofónicos y un caso control

Escala de Inteligencia Weschler-WISC-IV	Polifónico	Monofónico	Control	Media (DE)
Cubos	12	12	7	
Claves	2	6	12	
Vocabulario	16	14	11	
Letras y números	19	14	13	
Dígitos	15	12	12	
Semejanzas	19	18	15	10 (3)
Matrices	17	16	15	
Conceptos	19	19	19	
Comprensión	14	14	11	
Búsqueda de símbolos	14	7	5	
Índice principales				
Comprensión verbal	136	131	114	
Razonamiento perceptivo	139	134	123	
Memoria de trabajo	139	116	114	100 (15)
Velocidad de procesamiento	104	82	93	
C.I. Total	132	124	114	

Fuente: elaboración propia, 2017.

En relación con las ejecuciones que evidencian la memoria y el aprendizaje (ver tabla 2), los casos de polifonía y monofonía obtienen puntuaciones superiores en los índices principales. En el caso polifonía, los resultados del índice de memoria no verbal indican más de 3 desviaciones estándar por encima de la media, seguido del índice de memoria compuesta, recuerdo demorado y memoria verbal. La puntuación más alta para el caso monofónico está en el índice de memoria compuesta; mientras que en el caso control, la puntuación más alta está en el índice de memoria no verbal. Aunque este último índice constituye el de mejores puntuaciones entre el caso polifonía y control, entre ambos existen diferencias clínicamente significativas.

Por su parte, y en relación con los subtest que evalúan MO (dígitos directo, inversos y letras inverso), no se encuentran diferencias clínicamente significativas entre los casos polifonía-monofonía, no siendo así cuando se comparan con el grupo control, que obtiene puntuaciones dentro del rango de lo esperado, pero más bajas en relación con los casos polifonía-monofonía. Así mismo, se hallan diferencias clínicamente significativas en los rendimientos de las subpruebas de recuerdo selectivo visual y memoria secuencial visual, entre el caso polifonía y los casos monofonía y control, presentando desempeños superiores el caso de polifonía.

Tabla 2

Ejecuciones en el TOMAL de un caso con entrenamiento en instrumentos polifónicos, monofónicos y un caso control

TOMAL-Test de Memoria y Aprendizaje	Polifónico	Monofónico	Control	Media (DE)
Subtests verbales				
Memoria de historias	19	17	10	
Recuerdo selectivo de palabras	18	13	8	
Recuerdo de objetos	16	10	8	
Dígitos directo	13	12	8	10 (3)
Recuerdo de pares	16	13	10	
Letras directo	14	15	12	
Dígitos inverso	14	14	11	
Letras inverso	17	16	13	
Subtests no verbales				
Memoria de caras	17	14	12	
Recuerdo selectivo visual	16	12	10	
Memoria visual abstracta	17	16	10	
Memoria secuencial visual	20	15	14	
Memoria de lugares	16	16	8	
Imitación manual	16	17	10	
Índices principales				
Índice de memoria verbal	132	127	114	
Índice de memoria no verbal	148	130	123	100 (15)
Índice de memoria compuesta	144	131	114	
Índice de recuerdo demorado	135	127	90	

Fuente: elaboración propia, 2017.

Por otro lado, en relación con las ejecuciones de los 3 casos en el TMT (ver tabla 3), no se evidencian diferencias clínicamente significativas en la parte B, aun cuando la tarea la ejecutó en un tiempo mayor el caso control, seguido del caso monofonía; sin embargo, los tiempos empleados para la parte A, sí muestran desigualdades clínicamente significativas entre los casos polifonía y monofonía, con el caso control, evidenciándose disimilitudes sutiles entre los casos polifonía y monofonía, empleando este último menos tiempo en la ejecución de la tarea.

Tabla 3

Ejecuciones en el TMT parte A y B de un caso con entrenamiento en instrumentos polifónicos, monofónicos y un caso control

TMT	Polifónico	Monofónico	Control
Parte A	31.21	29.50	38.22
Parte B	72.10	75.10	79.50

Fuente: elaboración propia, 2017.

Discusión

El CI de los casos polifónico-monofónico se encuentra en una desviación estándar más alta de lo esperado, resultado que es consistente con el CI obtenido por los niños músicos en el estudio de Bermúdez (2009), y con estudios longitudinales que constatan mejorías del CI después de intervenciones musicales (Neville et al., 2009); por su parte, Schellenberg (2000), al explicar la asociación entre CI y la formación musical, destaca el hecho de que la práctica musical requiere usualmente de clases personalizadas o en pequeños grupos, experiencia que puede generar mejorías cognitivas en comparación con grupos numerosos; este autor también hace alusión a posibles efectos de transferencia de habilidades musicales a habilidades en el CI.

Así, se observa una puntuación más alta en los índices de MO, en especial en la prueba dígitos inversos, en los niños caso, resultados que son congruentes con investigaciones recientes, donde los músicos puntúan más alto en las pruebas de memoria operativa que el grupo control (Carr, 2012; George & Coch, 2011; Lee et al., 2007; Nutley et al., 2014; Bermúdez, 2009). En el caso polifónico, el índice de memoria de trabajo muestra las mejores puntuaciones, hecho que es consistente con el estudio de Carr (2012), en el que los músicos que interpretaban instrumentos de textura polifónica puntuaron más alto que el grupo de músicos que practicaba instrumentos monofónicos; resultado que puede estar relacionado con las diferencias entre las texturas polifónica y monofónica, pues la primera requiere considerable atención en la producción y escucha de diferentes voces (Carr, 2012). En relación con los subtest que evalúan MO (dígitos directo, inversos y letras inverso), no se encuentran diferencias clínicamente significativas entre los casos polifonía-monofonía, no siendo así cuando se comparan con el grupo control, las puntuaciones se encuentran más bajas en relación con los casos polifonía-monofonía.

Relacionando los resultados de MO con la atención, Fougny (2008) afirma que la atención influye en los estadios sensoriales y postperceptuales del procesamiento de la información; por otra parte, Shipstead, Lindsey, Marshall & Engle (2014), afirman que las diferencias individuales de MO dependen del tipo de tarea ejecutada; habrán tareas que dependerán en mayor medida del procesamiento y almacenamiento de la información, mientras otras dependerán en mayor medida del control atencional de la persona.

Así mismo, Nutley et al. (2014) afirman que la formación musical requiere de largos periodos de tiempo de control atencional, guardar pasajes musicales en la MO o codificarlos en la memoria a largo plazo, decodificar partituras y trasladarlas a acciones motoras. Por otra parte, De Valencia (1993) asevera que la práctica musical requiere de atención controlada, y a su vez la estimula, pues el ejercicio constante de una función hace que se afiance y perfeccione.

Basados en los resultados del presente estudio, con los hallazgos de las investigaciones descritas y las afirmaciones anteriores, se infiere que el rendimiento superior en las pruebas de MO, por parte del grupo caso, pudo verse influido por un mayor control atencional, que se entrenó y fortaleció por medio de la práctica musical.

En efecto, los casos polifónico y monofónico alcanzaron mejores puntuaciones en el índice de comprensión verbal, resultados que son concordantes con los de Bermúdez (2009), en los que también se obtuvieron más de dos desviaciones estándar por encima de la media, y con las mejorías presentadas en tareas verbales en el estudio de Neville et al. (2009) y Nutley et al. (2014). Hallazgos que reafirman una directa relación entre la música y las habilidades verbales (Anvari, Trainor, Woodside & Levy, 2002; Butzlaff, 2000; Jakobson, Cuddy & Kilgour, 2003; Kilgour, Jakobson & Cuddy, 2000; Overy, 2000). Por ejemplo, tanto la música como el lenguaje tienen una notación que representa sonidos, que se leen de izquierda a derecha y que requieren de la organización temporal de los eventos acústicos en secuencias (Foxton et al., 2003; Patel, Peretz, Tramo & Labrecque, 1998). Se puede inferir, por consiguiente, que debido a la existencia de propiedades similares entre la música y el lenguaje, una puede influir en la otra.

Por otro lado, el índice de razonamiento perceptivo señala diferencias clínicamente significativas entre el grupo caso y el niño control; los resultados muestran mayores habilidades de razonamiento perceptual en el caso polifónico y en el monofónico, no solo cuando se comparan los casos, sino que resulta ser el índice con mejores puntuaciones en los 3 casos. Estas puntuaciones están en concordancia con las obtenidas por los niños músicos en el estudio de Bermúdez (2009), en el que registraron más alto el índice de razonamiento perceptivo, y en el estudio de Neville et al. (2009), en el que se observó una mejoría importante en la prueba de rompecabezas del WPPSI III; así como las puntuaciones superiores en el estudio de George y Coch (2011) en las pruebas de memoria visual abstracta y memoria de lugares; y en el estudio de Lee et al. (2007), en las pruebas visoespaciales.

Así mismo, se hallan diferencias clínicamente significativas en los rendimientos de las subpruebas de recuerdo selectivo visual y memoria secuencial visual, entre el caso polifónico, monofónico y control, presentando desempeños superiores el caso polifónico, en el cual el índice de memoria no verbal obtiene resultados que indican más de 3 desviaciones estándar por encima de la media. Rendimiento que puede estar asociado a que la notación musical es en sí misma espacial (Hetland, 2000) o por efectos de transferencia, debido a la proximidad de regiones cerebrales para el procesamiento musical y visoespacial (Leng & Shaw, 1991), lo que

además puede estar relacionado con los hallazgos de Nutley et al. (2014) al encontrar un mayor volumen de materia gris en regiones temporo–occipitales y el cortex insular, en el grupo de músicos, así como estudios que apuntan a una capacidad perceptual mayor en los músicos para estímulos visuales (Musacchia, Sams, Skoe & Kraus, 2007) y acústicos (Sadakata & Sekiyama, 2011).

En este punto, se resalta que el índice de velocidad de procesamiento de la información es el de puntuaciones más bajas para los 3 casos, pero se encuentran dentro de lo esperado en los casos polifónico y control, mientras que en el caso monofónico se hallan por debajo de la media, índice que también fue el más inferior para el grupo caso y control en el estudio de Bermúdez (2009). En cuanto a una puntuación superior en dicho índice para el caso control, con respecto al caso monofónico, durante varias subpruebas se observó más asertividad en las respuestas para el caso monofónico, presentando menos errores de atención como el niño control en el TMT.

Es evidente que la puntuación la subprueba de claves constituye una diferencia clínicamente significativa entre los 3 casos, mostrando desempeños más bajos que lo esperado en la población normal; en los casos polifonía y monofonía, en la prueba búsqueda de símbolos, la cual hace parte del índice de velocidad de procesamiento, el caso polifónico compensa su rendimiento con una puntuación con 3 desviaciones estándar por encima de la media, mientras que el caso monofónico puntúa por debajo.

Este rendimiento contradice los resultados en el estudio de Bermúdez (2009), en el que los niños con formación musical puntuaron más alto que el grupo control, así como los hallazgos de George y Coch (2011), quienes observaron que los potenciales evocados de los músicos profesionales presentaron una menor latencia y una mayor amplitud durante el paradigma oddball, lo cual está asociado a un reconocimiento y procesamiento más temprano y eficaz de los estímulos. Llama la atención que el índice de velocidad de procesamiento haya sido el más bajo para el presente estudio y para el de Bermúdez (2009), lo cual llevaría a inferir que la práctica musical en este estudio de caso no presentó los efectos que se observaron en otros índices de la escala; no obstante, solo futuras investigaciones con muestras representativas, podrán ofrecer explicaciones claras en cuanto a la relación del índice de velocidad de procesamiento con la formación musical.

Con relación a las ejecuciones de los 3 casos en el TMT (ver tabla 3), no se evidencian diferencias clínicamente significativas en la parte B, aun cuando la tarea la ejecutó en un tiempo mayor el caso control, seguido del caso monofónico, se observa un mejor desempeño para el caso polifónico y monofónico, desempeño que es consecuente en el estudio de Bermúdez (2009), en el que los niños músicos puntuaron mejor que el grupo control, de hecho obtuvieron una mejor valoración que los del presente estudio de caso, lo cual podría estar relacionado con un mayor tiempo de formación musical, ya que en aquel estudio participaron niños con más de

5 años de formación musical, lo que se podría asociar a conclusiones de diversos estudios que correlacionan directamente los años de práctica musical con un mayor rendimiento cognitivo (George & Coch, 2011; Nutley et al., 2014; Bermúdez ,(2009).

De otro lado, los tiempos empleados para la parte A, sí muestran diferencias clínicamente significativas entre los casos polifonía y monofonía con el caso control, evidenciándose desigualdades sutiles entre los casos polifonía y monofonía, empleando este último menos tiempo en la ejecución de la tarea. Además, al observar el rendimiento en las dos partes del TMT se evidencia un mejor nivel para los niños músicos, lo que es congruente con los resultados de Carr (2012), en especial para la parte B en la que los músicos que interpretaban instrumentos de textura polifónica obtuvieron un mejor desempeño.

Teniendo en cuenta que el TMT, parte A y B, es un indicador de diversos procesos atencionales, como la atención sostenida, la atención dividida, procesos de búsqueda visual, procesos de función ejecutiva, flexibilidad mental y estudios que asocian el entrenamiento musical con mejores procesos atencionales (Neville et al., 2009; Nutley et al., 2014; Särkämö, 2008; Bermúdez ,(2009), se infiere que la práctica musical influyó positivamente, aunque de manera sutil, en el rendimiento del TMT parte A y B en el grupo de los niños músicos, relacionándolo una vez más con un entrenamiento y fortalecimiento por medio de la formación musical.

Se observa un mejor rendimiento en la mayoría de pruebas e índices para el caso polifónico, que sobresale en el índice de memoria, seguido del índice de memoria compuesta, recuerdo demorado y memoria verbal; en el WISC IV prevalecen el índice de memoria de trabajo e índice de razonamiento perceptivo, seguido de comprensión verbal, y velocidad del procesamiento de la información. Rendimiento que puede estar asociado con que la textura polifónica implica la producción y escucha de varias voces (Carr, 2012); no obstante, futuras investigaciones con muestras representativas podrán analizar y constatar dicho beneficio.

Finalmente, la puntuación más alta para el caso monofónico está en el índice de memoria compuesta; mientras que en el caso control, la más alta está en el índice de memoria no verbal. Aunque este último constituye el de mejores puntuaciones entre el caso polifonía y control, entre ambos existen diferencias clínicamente significativas.

Teniendo en cuenta los resultados anteriores y las conclusiones de las investigaciones mencionadas, si se suma el tiempo de entrenamiento musical del grupo caso, se contarán alrededor de 109 horas de entrenamiento cognitivo a través de la música, tiempo con el que el caso control no cuenta, hecho que puede explicar las diferencias obtenidas en este estudio de caso.

Conclusiones

La formación musical está asociada a mejores rendimientos en la función de diversos procesos cognitivos en los niños casos, particularmente en este estudio de caso, la atención, la MO, habilidades perceptuales, comprensión y memoria verbal.

La formación musical y la práctica del piano como instrumento de textura polifónica, están asociadas a rendimientos superiores en el niño pianista para procesos atencionales, habilidades perceptuales y MO, presentando diferencias con la joven flautista y el joven control.

Los antecedentes investigativos y específicamente los hallazgos del estudio de caso, llevan a inferir que el entrenamiento musical facilitará el desarrollo y funcionamiento de la atención y la MO; así mismo, un entrenamiento musical con instrumentos polifónicos estimularía en los niños los procesos cognitivos (atención, MO) directamente relacionados con la adquisición de la lectura, escritura y cálculo, posibilitando la adquisición de aprendizajes, no exclusivamente escolares. Se requieren investigaciones empírico analíticas, con muestras representativas y diseños experimentales, que permitan establecer que un entrenamiento musical con instrumentos de textura polifónica genera desarrollos y funcionamientos en aspectos como la atención y la MO que llegan a convertirse en factores protectores para que no se desarrollen problemáticas relacionadas con la adquisición de aprendizajes escolares, y en sí, en propiciadores de desarrollo humano integral. Una herramienta que probablemente posibilite ir definiendo las bases no solo teóricas, sino de intervención desde una perspectiva neuropsicopedagógica.

Referencias

- Amunts, K., Schlaug, G., Jäncke, L., Steinmetz, H., Schleicher, A., Dabringhaus, A., & Zilles, K. (1997). Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain. *Hum. Brain Mapp.*, (5), 206-215.
- Alloway, T. P. (2007). *Automated Working Memory Assessment*. London, England: Psychological Corporation.
- Anvari, S. H., Trainor, L. J., Woodside, J., & Levy, B. A. (2002). Relations among musical skills, phonological processing and early reading ability in preschool children. *J Exp Child Psychol*, 83(2), 111-30.
- Baddeley, A. D. & Hitch, G. (1974). Working memory. In G.H. Bower (Ed.), *The psychology of learning and motivation: Advances in research and theory* (pp. 47–89). New York, Estados Unidos: Academic Press.
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: a new component of working memory? *Trends Cogn Sci*, 4(11), 417-423.

- Bangert, M. & Schlaug, G. (2006). Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *Eur J Neurosci*, 24(6), 1832-4.
- Berti, S., Münzer, S., Schröger, E., & Pechmann, T. (2006). Different interference effects in musicians and a control group. *Exp Psychol*, 53(2), 111-6.
- Bhattacharya, J., Petsche, H., & Pereda, E. (2001). Long range synchrony in the gamma band: role in music perception. *J. Neurosci*, 21(16), 6329-37.
- Bigand, E. & Poulin-Charronnat, B. (2006). Are we “experienced listeners”? A review of the musical capacities that do not depend on formal music training. *Cognition*, 100(1), 100-30.
- Bermúdez, S. A. (2009). *Características neuropsicológicas de niños con educación musical integral en edades entre los 8 y los 11 años, de la ciudad de Medellín*. (Tesis de Maestría). Universidad de San Buenaventura. Colombia, Medellín.
- Butzlaff, R. (2000). Can music be used to teach reading? *J AesthetEduc*, 34, 167–178.
- Brandler, S. & Rammsayer, T. H. (2003). Differences in mental abilities between musicians and non-musicians. *Psychol Music*, 31(2), 123–138.
- Carr, W. K. (2012). *Music training effects on auditory scene analysis*. California, Estados Unidos: University of California Press.
- Cortese, M. D., Riganello, F., Arcuri, F., Pignataro, L. M., & Buglione, I. (2015). Rehabilitation of aphasia: application of melodic-rhythmic therapy to Italian language. *Front. Hum. Neurosci.*, 9, 520. doi: 10.3389/fnhum.2015.00520
- Cuervo, M. T. y Quijano, M. T. (2008). Las alteraciones de la atención y su rehabilitación en trauma craneoencefálico. *Pensamiento Psicológico*, 4(11), 167-182.
- Chen, J. L., Penhune, V. B., & Zatorre, R. J. (2008a). Listening to musical rhythms recruits motor regions of the brain. *Cerebral Cortex*, 18, 2844–2854
- Chun, M. M. & Turk-Browne, N. B. (2007). Interactions between attention and memory. *Curr Opin Neurobiol*, 17, 177-184.
- Craik, F. & Lockhart, R. (1972). Levels of processing: A framework for memory research. *Journal of Verbal Learning & Verbal Behavior*, 11, 671-684.

- De Valencia, G. (1993). *La música en la formación integral del hombre*. Bogotá, Colombia: Universidad Pedagógica Nacional.
- De Vega, M. (1984). *Introducción a la psicología cognitiva*. Madrid, España: Alianza Editorial.
- Donchin, E. & Coles, M. (1988). Is the P300 component a manifestation of context updating? *Behav Brain Sci*, *11*, 357–374.
- Drubach, D. (2000). *The brain explained*. Saddle River, Estados Unidos: Prentice Hall.
- Ferreri, L., Bigand, E., Bard, P., & Bugaiska, A. (2015). The Influence of Music on Prefrontal Cortex during Episodic Encoding and Retrieval of Verbal Information: A Multichannel fNIRS Study. *Behavioural Neurology*. doi:10.1155/2015/707625.
- Forgeard, M., Winner, E., Norton, A., & Schlaug, G. (2008). Practicing amusical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PLoS One*, *3*(10), e3566. doi: 10.1371/journal.pone.0003566
- Fougnie, D. (2008). The relationship between attention and working memory. In N. B. Johansen (Ed.), *New Research on Short-Term Memory*. New York, Estados Unidos: Nova Biomedical Books.
- Foxton, J. M., Talcott, J. B., Witton, C., Brace, H., McIntyre, F. & Griffiths, T. D. (2003). Reading skills are related to global, but not local, acoustic pattern perception. *Nat Neurosci*, *6*(4), 343-4.
- François, C., Grau-Sánchez, J., Duarte, E., & Rodríguez-Fornells, A. (2015). Musical training as an alternative and effective method for neuro-education and neuro-rehabilitation. *Front. Psychol.*, *6*, 475. doi: 10.3389/fpsyg.2015.00475
- Fujioka, T., Ross, B., Kakigi, R., Pantev, C., & Trainor, J. (2006). One year of musical training affects development of auditory cortical-evoked fields in young children. *Brain*, *129*(Pt 10), 2593-608.
- Fujioka, T., Trainor, L. J., Ross, B., Kakigi, R., & Pantev, C. (2005). Automatic Encoding of Polyphonic Melodies in Musicians and Nonmusicians. *J Cogn Neurosci.*, *17*(10), 1578-92.
- Gathercole, S. E., Alloway, T. P., Willis, C. S., & Adams, A. M. (2006). Working memory in children with reading disabilities. *J Exp Child Psychol.*, *93*(3), 265-81.
- George, M. E. & Coch, D. (2011). Music training and Working memory. *Study. Neuropsychologia*, *49*(5), 1083-1094.

- Gordon, E. E. (1989). *Manual for the advanced measures of music audiation*. Chicago, Estados Unidos: GIA Publications.
- Gurtubay, I. G., Alegre, M., Valencia, M., & Artieda, J. (2006). Cortical gamma band activity during auditory tone omission provides evidence for the involvement of oscillatory activity in top-down processing. *Exp. Brain Res*, 175(3), 463-70.
- Habib, M., Lardy, C., Desiles, T., Commeiras, C., Chobert, J., & Besson, M. (2016). Music and dyslexia: a new musical training method to improve reading and related disorders. *Front. Psychol.*, 7, 26. doi: 10.3389/fpsyg.2016.00026
- Hannemann, R., Obleser, J. & Eulitz, C. (2007). Top-down knowledge supports the retrieval of lexical information from degraded speech. *Brain Res.*, 1153, 134–143.
- Helmbold, N., Rammsayer, T. & Altenmüller, E. (2005). Mental abilities between musicians and nonmusicians. *J Individ Differ.*, 26(2), 74–85.
- Hetland, L. (2000). Learning to make music enhances spatial reasoning. *J Aesthet Educ.*, 34, 179–238.
- Hutchinson, S., Lee, L.H.L., Gaab, N., & Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cereb. Cortex*, 13, 943-949.
- Ito M. Cerebellar microcomplexes. In: Schmahmann JD, editor. *The cerebellum and cognition*. New York: Academic; 1997. p. 475–87.
- James, C. E., Oechslin, M. S., Van De Ville, D., Hauert, C. A., Descloux, C. & Lazeyras, F. (2014). Musical training intensity yields opposite effects on grey matter density in cognitive versus sensorimotor networks. *Brain Struct Funct*, 219(1), 353-66.
- Jakobson, L. S., Cuddy, L. L. & Kilgour, A. R. (2003). Time tagging: A key to musicians' superior memory. *Music Percept.*, 20, 307–313.
- Jakobson, L., Lewycky, S., Kilgour, A., & Stoesz, B. (2008). Memory for verbal and visual material in highly trained musicians. *Music Percept.*, 26(1), 41–55.
- Johnstone, S. J., Barry, R. J., Anderson, J. W. & Coyle, S. F. (1996). Age-related changes in child and adolescent event-related potential component morphology, amplitude and latency to standard and target stimuli in an auditory oddball task. *Int J Psychophysiol*, 24, 223–38.

- Just, M. A. & Carpenter, P. A. A. (1992). Capacity theory of comprehension: Individual differences in working memory. *Psychol Rev.*, 99(1), 122-49.
- Kilgour, A. R., Jakobson, L. S. & Cuddy, L. L. (2000). Music training and rate of presentation as mediator of text and song recall. *Mem Cognit.*, 28(5), 700-10.
- Labos, A. Slachevsky, P. Fuentes y F. Manes (Eds.), *Tratado de Neuropsicología clínica*. Argentina: Akadia Editorial.
- Lee, Y., Lu, M. & Ko, H. (2007). Effects of Skill training on Working memory capacity. *Learning and instruction*, 17, 336-344.
- Leng, X. & Shaw, G. (1991). Towards a neural theory of higher brain function using music as a window. *Concepts Neurosci.*, 2, 229-258.
- Mirsky, A. F., Anthony, B. J., Duncan, C. C., Ahearn, M. B., & Kellam, S. G. (1991). Analysis of the elements of attention: A neuropsychological approach. *Neuropsychol Rev.*, 12, 109-145.
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E. G., Cepeda, N. J., & Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychol. Sci.*, 22, 1425-1433.
- Moreno, S. & Bidelman, G. M. (2014). Examining neural plasticity and cognitive benefit through the unique lens of musical training. *Hear. Res.* doi: 10.1016/j.heares.2013.09.012.
- Moreno, S., Friesen, D., & Bialystok, E. (2011). Effect of music training on promoting preliteracy skills: preliminary causal evidence. *Music Percept.*, 29, 165-172.
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., & Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cereb Cortex*, 19(3), 712-723.
- Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(40), 15894-8.
- Neville, H. et al. (2009). How can musical training improve cognition. In S. Dehaene & C. Petit (Eds.). *The Origins of human dialog: Speech and music* (pp. 277-290). Paris, Francia: Odile Jacob.

- Norman, D. A. & Shallice, T. (1986). Attention to action: willed and automatic control of behavior. In R. J. Davidson, G. E. Schwartz & D. Shapiro (Eds.). *Consciousness and self-regulation* (pp. 1-18). New York, Estados Unidos: Plenum Press.
- Nutley, S., Darki, F., & Klingberg, T. (2014). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Front Hum Neurosci*. doi: 10.3389/fnhum.2013.00926.
- Oades, R. D., Dittmann-Balcar, A. & Zerbin, D. (1997). Development and topography of auditory event-related potentials (ERPs): mismatch and processing negativity in individuals 8–22 years of age. *Psychophysiology*, 34, 677–93.
- Overy, K. (2000). Dyslexia, temporal processing and music: The potential of music as an early learning aid for dyslexic children. *Psychol Music*, 28, 218–229.
- Patel, A. D., Peretz, I., Tramo, M., & Labrecque, R. (1998). Processing prosodic and music patterns: A neuropsychological investigation. *Brain Lang*, 61(1), 123-44.
- Ponton, C., Eggermont, J. J., Khosla, D., Kwong, B., & Don, M. (2002). Maturation of human central auditory system activity: separating auditory evoked potentials by dipole source modeling. *Clin Neurophysiol*, 113, 407–20.
- Posner, M. I. & Petersen, S. E. (1990). The attention system of the Human Brain. *Annu Rev Neurosci*, 13, 25-42.
- Prabhakaran, V., Narayanan, K., Zhao, Z., & Gabrieli, J. D. E. (2000). Integration of diverse information in working memory within the frontal lobe. *Nat Neurosci.*, 3(1), 85-90.
- Ranzini, M., Dehaene, S., Piazza, M., & Hubbard, E. M. (2009). Neural mechanisms of attentional shifts due to irrelevant spatial and numerical cues. *Neuropsychologia*, 47, 2615–2624.
- Reynolds, C., & Bigler, E. D. (1994). *The Test of Memory and Learning (TOMAL)*. Austin, TX: PRO-ED.
- Reynolds, C., & Voress, J. K. (2007). *The Test of Memory and Learning-Second Edition (TOMAL-2)*. TX: PRO-ED.
- Reitan, R.M. (1958). Validity of the Trail Making Test as an indication of organic brain damage. *Perceptual and Motor Skills*, 5, 271-276.
- Reitan, R.M. (1992). *Trail making test: Manual for administration and scoring*. Tucson, AZ: Reitan Neuropsychology Laboratory.

- Sadakata, M., & Sekiyama, K. (2011). Enhanced perception of various linguistic features by musicians: A cross-linguistic study. *Acta Psychologica*, 138, 1-10. doi:10.1016/j.actpsy.2011.03.007.
- Särkämö, T. et al. (2008). Music listening enhances cognitive recovery and mood after middle cerebral artery stroke. *Brain*, 131(Pt 3), 866-876. doi: 10.1093/brain/awn013.
- Sato, K., Kirino, E., & Tanaka, S. (2015). A Voxel-Based Morphometry Study of the Brain of University Students Majoring in Music and Nonmusic Disciplines. *Behavioural Neurology*. doi:10.1155/2015/274919
- Schellenberg, E. G. (2000). Music lessons enhance IQ. *Psychol Sci*, 15(8), 511-4.
- Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Staiger, J. F., & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33, 1047-1055.
- Schlaug, G., Marchina, S., & Norton, A. (2008). From singing to speaking: why singing may lead to recovery of expressive language function in patients with Broca's aphasia. *Music Perception*, 25, 315-23.
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of Music Training on the Child's Brain and Cognitive Development. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1060, 219-230.
- Schmithorst, V. J. & Wilke, M. (2002). Differences in white matter architecture between musicians and non-musicians: a diffusion tensor imaging study. *Neurosci. Lett.*, 321, 57-60.
- Schneider, P., Scherg, M., Dosch, H. G., Specht, H. J., Gutschalk, A., & Rupp, A. (2002). Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians. *Nat. Neurosci.*, 5, 688-694.
- Schon, D., Anton, J. L., Roth, M., & Besson, M. (2002). An fMRI study of music sight-reading. *NeuroReport*, 13(17), 2285-2289.
- Schroeder, S. R., Marian, V., Shook, A., & Bartolotti, J. (2016). Bilingualism and Musicianship Enhance Cognitive Control. *Neural Plasticity*, doi:10.1155/2016/4058620
- Singer, W. & Gray, C. M. (1995). Visual feature integration and the temporal correlation hypothesis. *Annu Rev Neurosci.*, 18, 555-86.
- Shipstead, Z., Lindsey, D., Marshall, R., & Engle, R. (2014). The mechanisms of working memory capacity: Primary memory, secondary memory, and attention control. *J Mem Lang*, 72, 116-141.

- Stewart, L. et al. (2003). Becoming a pianist: an fMRI study of musical literacy acquisition *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999, 204-8.
- Tallon-Baudry, C., Bertrand, O., Delpuech, C. & Pernier J. (1996). Stimulus specificity of phase-locked and non-phase-locked 40 Hz visual responses in human. *J. Neurosci*, 16(13), 4240-9.
- Tirapu-Ustárroz, J. & Muñoz-Céspedes, J. M. (2005). Memoria y funciones ejecutivas. *Rev Neurol*, 41, 909-22.
- Tortora, G. & Grabowski, S. (1996). *Principles of Anatomy and Physiology* (8 ed.). New York, Estados Unidos: HarperCollins College Publishers.
- Trainor, L. J. (2005). Are there critical periods for musical development? *Dev Psychobiol*, 46(3), 262-78.
- Trainor, L., Shahin, A. & Roberts, L. (2009). Understanding the benefits of musical training, effects on oscillatory brain activity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 133-42.
- Van de Cavey, J. & Robert Hartsuiker, N. (2016). Is there a domain-general cognitive sequencing system? Evidence from structural priming across music, math, action descriptions, and language. *Cognition*.146. p.172-184
- Wechsler, D. (1974). *Wechsler intelligence scale for children-Revised edition*. San Antonio, TX: The Psychological Corporation.
- Wechsler, D. (1991). *Wechsler Intelligence Scale for Children-iii*. San Antonio, Estados Unidos:The Psychological Corporation.
- Zafranias, N. (2004). Piano keyboard training and the spatial-temporal development of young children attending kindergarten classes in Greece. *Early Child Dev Care*, 174(2), 199-211.
- Zanto, P. Z., Large, E. W... Ruchs, A., et al. (2005). Gamma-band responses to perturbed auditory sequences: evidence for synchronization of perceptual processes. *Music Percept*, 22, 535-552.
- Zatorre, R. & McGill, J. (2005). Music, the food of neuroscience? *Nature*, 434, 312-315.