

**Universidad Internacional de La Rioja
Máster universitario en Neuropsicología y
educación**

**Relación entre la formación musical
y las funciones cognitivas superiores
de atención y memoria de trabajo
verbal**

**Trabajo fin de máster
presentado por:**

Francisco Alfonso Jurado Besada

Titulación:

Máster en Neuropsicología y Educación

Línea de investigación:

Avances en Neuropsicología

Director/a:

Javier Páez Gallego

Madrid
10 de junio de 2016
Firmado por: Francisco Alfonso Jurado Besada

Resumen

La formación musical prolongada desde la infancia puede producir profundos cambios en la estructura y el funcionamiento del cerebro. La investigación relacionada ha revelado que los músicos, además, muestran ventajas en habilidades cognitivas no musicales. Este trabajo pretende estudiar la relación entre la formación musical y las funciones cognitivas superiores de atención y memoria de trabajo (MT) verbal mediante un análisis comparativo de estas dos funciones cognitivas en músicos y no músicos, y con un estudio de correlación de las mismas en los músicos. El diseño de investigación es no experimental *ex post facto*. La muestra seleccionada está compuesta por 62 alumnos de entre 13 y 16 años, 31 de un Instituto de Enseñanza Secundaria y 31 de un Conservatorio Profesional de Música. Para medir la atención se empleó el test D2 (Brickenkamp, 2012), aplicado colectivamente, y para la MT verbal, el subtest de Números y Letras de la WISC-IV (Weschler, 2005), de aplicación individual. Los resultados obtenidos revelaron correlaciones significativas entre la MT verbal y la atención ($p=0,012$; $p=0,022$), y diferencias significativas entre la MT verbal de músicos y no músicos ($p=0,000$). No se encontraron diferencias significativas en la atención, sin embargo se halló una significación marginal. Las estudiantes que han recibido formación musical prolongada desde la infancia muestran mejoras en aspectos centrales del procesamiento cognitivo superior. Teniendo en cuenta el papel crítico de estas funciones en el aprendizaje y el rendimiento académico, se pone de manifiesto la importancia que puede tener la formación musical en la educación y su valor en la intervención psicodidáctica.

Palabras clave: formación musical, funciones cognitivas, memoria de trabajo, atención, transferencia de habilidades

Abstract

Long-term musical training from childhood can produce profound changes in the structure and functioning of the brain. Related research has revealed that musicians also show advantages in non-musical cognitive skills. This work aims to study the relationship between music training and higher cognitive functions of attention and verbal working memory (WM) through a comparative analysis of these two cognitive functions in musicians and non-musicians, and a correlation study of them in the musicians. The research design is non-experimental *ex post facto*. The selected sample is composed of 62 students between 13 and 16 years old, 31 of a Secondary School and 31 of a Professional Conservatory of Music. To measure attention, D2 test was used (Brickenkamp, 2012), applied collectively, and for verbal WM, the subtest of Letter-Number Sequencing of the WISC-IV (Wechsler, 2005), individual application. The results revealed significant correlation between verbal WM and attention ($p=.012$; $p=.022$), and significant differences between verbal WM of musicians and non-musicians ($p=.000$). No significant differences in attention were found, however marginal significance was found. The students who have received prolonged musical training since childhood show improvements in key aspects of higher cognitive processing. Given the critical role of these functions in learning and academic performance, it highlights the potential importance of music training in education and its value in the psychodidactic intervention.

Keywords: musical training, cognitive functions, working memory, attention, transfer skill

ÍNDICE

Resumen	2
Abstract	3
1 Introducción	7
1.1 Justificación y problema	7
1.2 Objetivos generales y específicos	10
2 Marco Teórico	10
2.1 Neuropsicología	10
2.2 Neuropsicología y Educación	12
2.3 Cerebro y Música	13
2.3.1 Procesamiento de la música. Base neuropsicológica	13
2.3.2 Diferencias en músicos y no músicos	18
2.3.3 Diferencias en funciones cognitivas superiores no musicales	23
2.4 Atención. Base neuropsicológica	26
2.5 Memoria de Trabajo. Base neuropsicológica	29
2.6 Atención, Memoria de Trabajo y Funciones ejecutivas	32
3 Marco Metodológico	34
3.1 Problema que se plantea	34
3.2 Objetivos	35
3.3 Hipótesis de investigación	35

3.4 Diseño	36
3.5 Población y muestra	37
3.6 Variables medidas e instrumentos aplicados	39
3.6.1 Variables medidas	39
3.6.2 Instrumentos aplicados	41
3.7 Procedimiento	44
3.8 Plan de análisis de datos	45
4 Resultados	46
4.1 Atención de músicos y no músicos	46
4.2 Memoria de trabajo verbal de músicos y no músicos	47
4.3 Memoria de trabajo verbal y atención en músicos	48
5 Discusión y Conclusiones	49
5.1 Discusión	49
5.2 Conclusiones	52
5.3 Limitaciones	53
5.4 Prospectiva	54
6 Programa de intervención neuropsicológica	55
7 Referencias bibliográficas	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Patrón de activación cerebral durante la interpretación improvisada	17
Figura 2. Cambios en el fascículo arcuato después de recibir formación instrumental	22
Figura 3. Transferencias a habilidades cercanas y lejanas debidas al entrenamiento instrumental	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características demográficas de la muestra	38
Tabla 2. Características del grupo de los músicos	40
Tabla 3. Estadístico descriptivo de las variables TOT y CON de la atención	46
Tabla 4. Comparación de las componentes TOT y CON de la atención	47
Tabla 5. Estadístico descriptivo de la variable memoria de trabajo verbal	47
Tabla 6. Comparación de la MT verbal	48
Tabla 7. Correlación entre la MT verbal y las variables TOT y CON de la atención	48

1 *Introducción*

1.1 *Justificación y problema*

Desde los tiempos de los grandes clásicos del pensamiento, los filósofos trataron con asiduidad sobre la música en sus obras y sus escritos muestran que puede tener efectos profundos sobre el hombre: “La música puede cambiar el carácter moral del alma; y, si tiene esta capacidad, está claro que en ella deben educarse los jóvenes” (Aristóteles, 384-322 a.C., *La Política*) o, como afirmó Platón (427-347 a.C.): “ La música es para el alma, lo que la gimnasia es para el cuerpo” (*República*). Abundando en esta concepción y en relación a ella, también, anteriormente, los mitos griegos, sobre todo el de Orfeo, pretendían expresar que la música tiene un poder mágico y sobrenatural sobre la naturaleza, pudiendo afirmar que la presencia y el influjo de la música en el individuo y en la sociedad ha acompañado al hombre a lo largo de toda la Historia y en todas las culturas.

Más cercano a nosotros, y según Zatorre (2012, citado en Quijada, 2012), Santiago Ramón y Cajal ya avanzó en 1908 que el entrenamiento musical cambia la estructura del cerebro, si bien, sin tener en ese momento ninguna prueba. Y ya en las últimas décadas, en la neurociencia se ha producido un renovado interés en el estudio del efecto de la música en el procesamiento cerebral. Estas investigaciones muestran que el cerebro cambia su función y estructura en función del aprendizaje y la experiencia, y esta característica, la plasticidad cerebral, es, según Justel y Díaz (2012), la que permite que la actividad musical pueda moldear el cerebro.

Relacionado con esa línea, Zatorre (2013, citado en Ferrari, 2013) asegura que la música permite estudiar la organización cerebral pudiendo utilizarla como una ventana para comprender el funcionamiento del cerebro, y también nos ayuda a controlar el sistema nervioso (Zatorre, 2012 citado en Quijada 2012). Del mismo modo, los avances en la neurociencia también nos permiten ahondar en el fenómeno musical, produciéndose una positiva retroalimentación entre ambas disciplinas que redunda, finalmente, en un mejor conocimiento del procesamiento de la información, del aprendizaje y en la posibilidad de fructíferas aplicaciones en el campo de la didáctica y de la práctica educativa.

La literatura científica sobre el tema es, pues, abundante y se ha centrado sobre todo, en el efecto positivo que tiene la dedicación musical en el desarrollo de tareas motoras, perceptivas, afectivas y de socialización, y en tareas que tienen una relación más directa con la actividad musical. Sin embargo, no ha sido tan común y amplia en el efecto que tiene en las funciones cognitivas, aunque en la actualidad esa situación está cambiando rápidamente. Este trabajo pretende recoger esa corriente y se une a ese interés. Se pregunta si la dedicación musical permite realizar mejor determinadas tareas neuropsicológicas que implican a los procesos psicológicos superiores en comparación con los que no han recibido esa formación. De este modo, se origina el problema que se plantea resolver con la realización de este TFM, que consistirá, finalmente, en averiguar si los individuos que desarrollan una actividad musical prolongada, continua y regular, desde la infancia presentan ventajas en determinadas, y centrales, funciones cognitivas superiores, concretamente atención y memoria de trabajo verbal. Para ello propone un estudio de comparación acerca de la realización de pruebas neuropsicológicas que midan la atención y la memoria de trabajo verbal, llevado a cabo por una muestra de 62

estudiantes, de entre 13 y 16 años, distribuidos en dos grupos: uno integrado por 31 alumnos de un Conservatorio de Música de Grado Profesional y el otro formado por 31 alumnos de un Instituto de Enseñanza Secundaria que no han recibido formación musical al margen de la común obligatoria. Asimismo propone un estudio correlacional entre esas dos variables cognitivas en los músicos. Los instrumentos que se utilizarán para medir las variables neuropsicológicas son: la prueba D2 para medir la atención y el subtest de cifras y letras del índice memoria de trabajo de la escala de Weschler-IV para medir la memoria de trabajo verbal. El test de memoria de trabajo verbal es de aplicación individual y la prueba D2 se aplicará de modo colectivo.

La explicación de los procesos de transferencia desde aprendizajes musicales a aprendizajes y habilidades cognitivas no musicales permanece poco clara y su búsqueda constituye un interesante campo de investigación en rápido crecimiento. ¿“Cuánta música”, de qué modo, y en qué condiciones, se necesita o puede llegar a producir determinados cambios en el cerebro ?. Una de las líneas de investigación se centra en analizar cuidadosamente los múltiples factores que intervienen en el aprendizaje musical (edad de inicio, tiempo de formación, intensidad, modo de entrenamiento,...) y demanda estudios con un mayor control y estructuración de la amplia y heterogénea variable formación musical. Los estudios de este tipo con adolescentes son mucho menos numerosos que con niños o con adultos. Concretar el análisis en una muestra de este tipo puede contribuir en esa dirección.

1.2 Objetivos generales y específicos

Objetivo general

Estudiar la relación entre la formación musical y las funciones cognitivas superiores de atención y memoria de trabajo verbal.

Objetivos específicos

- 1.- Comprobar si los músicos muestran un mejor desempeño en tareas de atención que los no músicos.
- 2.- Comprobar si los músicos muestran un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal que los no músicos.
- 3.- Estudiar la correlación entre la atención y la memoria de trabajo verbal en los músicos

2 Marco Teórico

La fundamentación teórica se estructura inicialmente partiendo de lo más general a lo más concreto. Así, en primer lugar, se comienza con la neuropsicología, y con su estrecha relación con la educación. Posteriormente se centra en la neuropsicología y la música, y se dirige al núcleo del TFM: la música y las funciones cognitivas superiores. Se completa esta parte teórica abordando las variables dependientes que intervienen en la investigación: atención y memoria de trabajo (verbal).

2.1 Neuropsicología

La neuropsicología estudia las relaciones entre el cerebro y la conducta de los seres humanos. Esta disciplina se incluye en el ámbito de la Neurociencia, que tiene el objetivo

de reunir el conocimiento de la neurobiología y psicología mediante un estudio multidisciplinar del Sistema Nervioso (S.N.) (Portellano, 2005). La neuropsicología se basa en la **hipótesis cerebral**, la conducta se origina en el cerebro, y en la **hipótesis neuronal**, la neurona es la unidad estructural y funcional del S.N.(Kolb y Whishaw,2006). El S.N. desarrolla su acción gracias a la actividad de la red de células nerviosas que lo conforman, constituyendo un mecanismo de integración y control que regula y supervisa todas las actividades del organismo (Portellano, 2005; Snell, 2007).

La neurona es una célula excitable cuya singularidad reside en la capacidad de procesar información. Cada neurona puede recibir una serie de señales de entrada constituida por un gran número, incluso miles, de sinapsis que proceden de otras neuronas. La neurona genera la señal de salida en función de la naturaleza de ese conjunto de señales cuya variabilidad también es debida a los distintos modos de conexión (intensidad de unos y otros, localización de las sinapsis, contactos excitatorios o inhibitorios, ...). El número de combinaciones es tan grande que probablemente nunca se llegará a entender el significado de todas las conexiones neuronales o estados cerebrales posibles. La mayoría de neuronas se transmiten información entre sí por medio de los neurotransmisores, biomoléculas liberadas por los botones terminales del axón y que se unen a receptores específicos de la siguiente neurona provocando una señal eléctrica. Este impulso nervioso se propaga a través de la neurona, y al llegar al botón sináptico provoca la liberación de nuevos neurotransmisores. De este modo, continúa la propagación de la señal y de la información (UNIR, 2015 ; Snell, 2007; Levitin, 2008).

En relación al modelo de organización cerebral, y al histórico conflicto entre el Locacionismo y el Holismo, la neurociencia actual considera que la solución viene dada

por sistemas distribuidos en redes neuronales especializadas que están interconectadas. Estos circuitos neuronales especializados forman parte de redes funcionales más complejas que, debido a que la conducta es compleja, acaban prácticamente por involucrar a todo el cerebro (Portellano, 2005; Ortiz, 2009).

2.2 Neuropsicología y Educación

El cerebro constituye la conquista evolutiva que posibilita el aprendizaje y la enseñanza. Profundizar en su conocimiento, tal y como están revelando los últimos avances en Neuropsicología, es clave para la educación (García, 2008). La UNESCO (2011) define la educación como: “el proceso mediante el cual las sociedades transmiten en forma intencionada el acervo de información, comprensión, conocimientos, actitudes, valores, habilidades, competencias y comportamientos de una generación a otra. Comprende el uso de actividades de comunicación destinadas a producir aprendizaje” (p. 83). El aprendizaje es, por tanto, el efecto producido por la educación, y cuando se obtiene se dice que hemos alcanzado el objetivo educativo, como consecuencia del diseño de la enseñanza (Navas, 2004).

El fundamento del aprendizaje está en la modificación de las sinapsis neuronales. Gracias a que las conexiones cerebrales pueden cambiar, podemos aprender. A esta capacidad de las conexiones neuronales de modificar su estructura y su funcionalidad de forma estable como consecuencia de la experiencia, el aprendizaje y la estimulación sensorial y cognitiva la denominamos **neuroplasticidad** (Ortiz, 2010; UNIR, 2015). Entender los procesos neuronales que están en la base de la educación puede transformar las estrategias didácticas y dar lugar a programas adaptados a las personas y

a sus necesidades especiales (García, 2008). Esto genera un campo transdisciplinar específico: la Neurodidáctica o Neurociencia de la educación (López, 2009). La escuela debería trasladar a su realidad diaria estos descubrimientos que se están produciendo en la neurociencia (Marina, 2012).

2.3 Cerebro y Música

La educación musical constituye un entorno específico que puede cambiar el cerebro. Históricamente, el alto valor formativo de la música siempre se ha tenido en consideración, aunque ha sido desde la última década del siglo XX cuando se ha producido un acelerado aumento en la investigación sobre la música y los sustratos cerebrales asociados. Según Peretz y Zatorre (2003) esto ha sido debido, en parte, a que la música constituye una valiosa herramienta para entender mejor la organización del cerebro, y, por otro lado, al interés por aclarar su origen y función biológica.

2.3.1 Procesamiento de la música. Base neuropsicológica

La música es una actividad compleja. Tiene sus propias reglas, como el lenguaje, y también parece contar con un sistema neuronal específico, y como el lenguaje, está presente en todas las culturas (Peretz et al., 2003). Exceptuando problemas neurológicos, todos tenemos la capacidad básica para procesar la música (Sacks, 2009). Este procesamiento es realizado por un sistema específico que se organiza en módulos que implican a distintas regiones cerebrales. Por ejemplo, al analizar el input acústico de una canción: el sistema de procesamiento del lenguaje analiza la letra. La parte musical es analizada por dos subsistemas neurales: uno para la organización temporal (ritmo y compás), y el otro para la organización tonal (contorno melódico e intervalos) (Peretz y

Coltheart, 2003; Peretz y Zatorre, 2005).

Percepción

El output coclear, la señal eléctrica con la información musical, recorre la vía auditiva, pasando por el nervio auditivo y el tronco encefálico, y de ahí, al núcleo geniculado medial del tálamo para terminar en el córtex temporal auditivo donde es procesada (Ortiz, 2009). Las categorías perceptivas más elementales de los atributos musicales (tono, timbre, intensidad, duración, tempo, etc) son las tonales y las temporales. Al contrario de lo que ocurre con casi cualquier otro componente musical, el tono es tan crucial que está representado directamente en un mapa tonotópico en el córtex auditivo. La percepción se realiza mediante un proceso de segregación de rasgos componentes, abajo arriba, seguido de otro, arriba abajo, de integración de rasgos. El cerebro organiza estas percepciones básicas y se originan conceptos de mayor nivel: melodía, compás, armonía, tonalidad, textura, ... (Levitin, 2008; Sacks, 2009).

Cuando ha tenido lugar la percepción de los elementos musicales básicos: tono, timbre, ritmo, etc., el córtex auditivo asociativo (memoria asociativa), con la implicación del hipocampo, permite finalmente el **reconocimiento** al relacionar lo escuchado con el léxico musical propio (Levitin, 2008; Robles, 2013).

Los análisis tonales implican distintas áreas auditivas en el giro temporal superior, para procesamiento básico inicial, y a regiones frontales, inferiores, con lateralización derecha (Clark, Downey y Warren, 2014; Gómez, 2007; Levitin, 2008; Sacks, 2009; Stewart, von Kriegstein, Warren y Griffiths, 2006). La representación del ritmo es más extensa y robusta, en ella participan, además del córtex auditivo y frontal, premotor dorsal y motor

suplementario, regiones subcorticales: cerebelo y ganglios basales (Levitin, 2008; Sacks, 2009; Chen, Zatorre y Penhune, 2006).

El sistema auditivo y motor están íntimamente vinculados, y se activan al escuchar música, e incluso también al imaginarla. El fenómeno tan habitual, y cercano, de la sincronización física, y mental, muchas veces espontáneo, ante la música, se basa en interacciones entre la corteza auditiva y la premotora dorsal (Chen et al, 2006; Sacks, 2009). Otra faceta, también común en los músicos, es imaginar la música y el estudio mental del instrumento. Imaginar cómo se toca activa parte de las mismas estructuras que estar tocando realmente. En la imaginación musical intencionada participan áreas auditivas y motoras, y áreas frontales relacionadas con la planificación y la elección (Pascual-Leone, 2003; Sacks, 2009; Zatorre y Halpern, 2005).

Interpretación

La interpretación musical conlleva la movilización coordinada de habilidades perceptivas, motoras, cognitivas y emocionales (Peretz et al., 2005). En el aspecto motor, el músico debe dominar la secuenciación y organización espacial del movimiento para tocar, y la coordinación temporal. La coordinación, que supone el control del ritmo, activa cerebro, ganglios basales, área motora suplementaria, también córtex premotor dorsal y prefrontal para los ritmos más complejos. La secuenciación de los movimientos para interpretar activa el cerebro, ganglios basales, área motora suplementaria y área premotora suplementaria, córtex premotor y córtex prefrontal. La organización espacial del movimiento, al integrar información espacial, sensorial y motora, activa el córtex parietal, sensoriomotor y premotor (Zatorre, Chen y Penhune, 2007).

Es habitual que la ejecución musical se realice leyendo una partitura. Una lectura diferente y que conlleva un procesamiento distinto a la lectura común (Peretz et al., 2005). Tocar siguiendo la partitura e integrar la ejecución con el resto del grupo y/o dirección forma parte del adiestramiento habitual de un músico. Este tipo de formación continuada puede cambiar el procesamiento de la información visual (Kopiez y Galley, 2002), lo cual está relacionado con el aumento de la capacidad visual (habilidades visuoespaciales y estrategias óculo-motoras más eficientes: mayor control y fijación, y menor tiempo de reacción de los movimiento oculares sacádicos) (Brochard et al., 2004; Gruhn et al., 2006) y de la atención visual (Rodrigues, Loureiro y Caramelli, 2013). La activación cortical, al seguir la partitura durante la interpretación, es extensa: se activan áreas occipitales, temporales y parietales relacionadas con el control tonal, y se movilizan habilidades visuoespaciales para ejecutar la lectura de la notación musical (Schön, Anton, Roth y Besson, 2002).

Música y procesamiento cognitivo

La música es eminentemente temporal. Conlleva el mantenimiento 'on line' de los atributos que la integran y una continua actualización que permita comparar la interpretación inminente prevista con lo que se acaba de ejecutar. De este modo, moviliza continua e intensamente a la memoria de trabajo (MT) y la atención. La actualización constante del tono contextual en la interpretación es un ejemplo claro, y sugiere una especie de MT para el tono (Peretz et al., 2005; Trainor, Shahin y Roberts, 2009). Esta revisión constante de la información musical implica al córtex auditivo y a regiones frontales, **dorsolaterales** e inferofrontales. Asimismo, también son especialmente importantes en la MT los circuitos neuronales entre el córtex frontal y temporal (Zatorre y

Samson, 1991; Gaab, Gaser, Zaehle, Jancke y Schlaug, 2003; Zatorre, Evans y Meyer, 1994; Zatorre y Salimpoor, 2013).

En la interpretación consciente, no automática, de un músico formado existe siempre un mínimo de **improvisación**, incluso en los estilos más prescriptivos (clásicos). La improvisación activa extensas áreas cerebrales e involucra a la MT, la atención y a otras funciones cognitivas (Figura 1). La improvisación musical propiamente dicha, eleva la alta demanda que ya supone la interpretación al máximo y estimula la creatividad, facultad tan vinculada a lo artístico, en grado sumo (Bengtsson, Csikszentmihalyi y Ullén, 2007; de Manzano y Ullén, 2012).

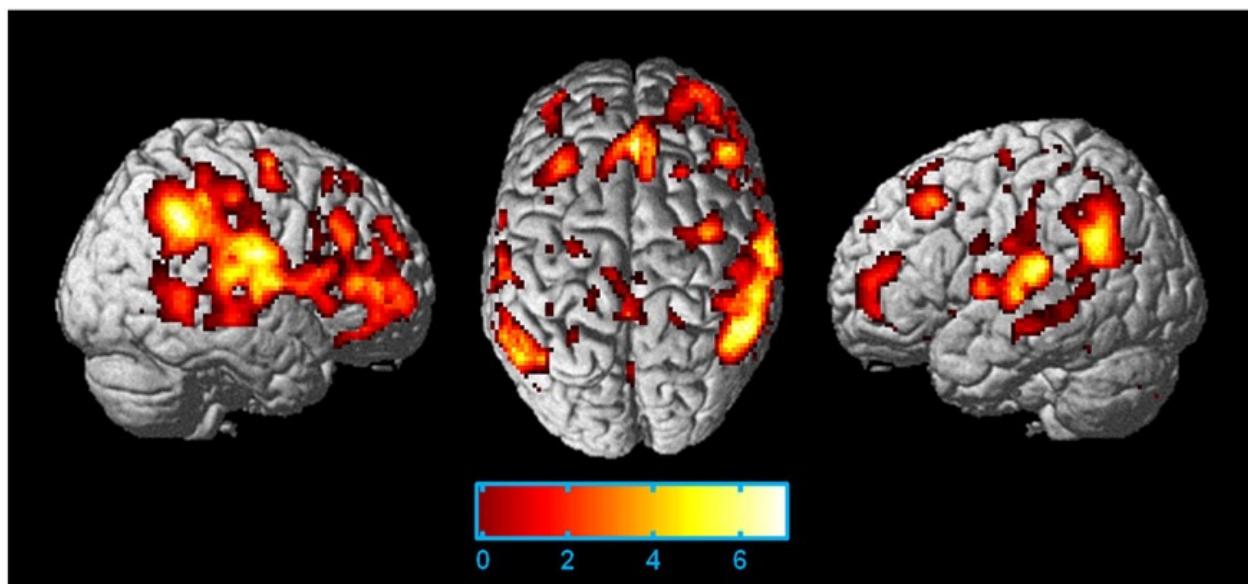


Figura 1 Patrón de activación cerebral durante la interpretación improvisada
(extraído de Manzano y Ullén, 2012)

Emoción musical

La respuesta emocional en relación a la música es universal (Trainor, 2008) y su procesamiento es diferente del procesamiento estructural de la música (Gómez, 2007; Sacks, 2009). El sistema límbico, siendo el centro principal de las emociones, es fundamental en el procesamiento de la **emoción musical** (Koelsch, Fritz Cramon, Muller y Friederici, 2006). El núcleo accumbens se activa ante la música positiva y agradable (Koelsch, 2010; Menon y Levitin, 2005) y la amígdala en la música negativa o de suspense (Koelsch, 2010; Koelsch et al., 2006). Asimismo, esta estructura, junto al giro parahipocampal, es crucial en la respuesta a la disonancia (Gosselin, Samson, Adolphs, Nounhiane, Roy, Hasboun et al., 2006). En la respuesta emocional ante la música, además de sistemas subcorticales, también interviene el córtex orbitofrontal, córtex prefrontal ventromedial, córtex temporal superior y cingulado anterior (Blood y Zatorre, 2001; Koelsch et al., 2006).

Todo esta investigación revela que la música implica a casi todas las regiones cerebrales, y que: “no hay otra actividad que use tantas partes del cerebro al mismo tiempo, ni que las integre en igual medida” (Ball, 2010, p. 20).

2.3.2 Diferencias en músicos y no músicos

El tipo de aprendizaje implícito en la práctica habitual de un músico (repetición, intensidad, variabilidad, simultaneidad e integración multimodal, complejidad, etc) promueve el desarrollo de una gran cantidad de facultades (perceptivas, motoras, cognitivas, etc) y constituye un entorno ideal de experiencias que inducen neuroplasticidad (Kleim y Jones, 2008; Peretz et al., 2005). Las investigaciones

comparativas entre músicos y no músicos han dado cuenta de ello y revelan diferencias estructurales y en el funcionamiento del cerebro.

Diferencias estructurales

Schlaug y sus colegas de Harvard (1995) mostraron que la mitad anterior del cuerpo calloso es más grande en los músicos profesionales, y que esta variación correlaciona con el inicio del entrenamiento. Este colectivo, comparado con amateurs y no músicos también muestra, según Gaser y Schlaug (2003), mayor volumen de **materia gris** en áreas auditivas, motoras y visuoespaciales: giro temporal inferior, área motora, premotora, somatosensorial y parietal superior. Asimismo, estos resultados se relacionaron con la edad de comienzo y con la intensidad del adiestramiento. En los músicos el volumen de materia gris también es mayor en otras áreas cerebrales: giro de Heschl (Bermúdez, Lerch, Evans y Zatorre, 2009), córtex sensoriomotor (Li et al., 2010), cerebelo (Hutchinson, Lee, Gaab y Schlaug, 2003), los resultados de Hutchinson et al., también correlacionaron con la intensidad del entrenamiento, y corteza prefrontal dorsolateral (Bermúdez et al., 2009). En este estudio también se investigó sobre la relevancia de las fibras fronto-temporales, que mostraron mayor densidad y organización en los músicos. Diferencia que también mostraron estudios similares en otros tractos de **sustancia blanca**: cuerpo calloso (Schlaug, Janck, Huang, Staiger y Steinmetz., 1995; Schlaug, Forgeard, Zhu, Norton y Winner, 2009), Corticoespinal (Bengtsson, Nagy, Skare, Forsman, Forssberg y Ullen, 2005), y fascículo arcuato (Halwani, Loui, Rüber y Schlaug, 2011; Wan y Schlaug, 2010) (Figura 2).

En relación a la **plasticidad cortical**, los estudios con músicos de cuerda de Elbert,

Pantey, Wienbruch, Rockstroh y Taub (1995) hallaron que éstos tenían mayor representación cortical de los dedos de la mano izquierda. Además este resultado correlacionó con la edad de inicio del entrenamiento. Estudios semejantes como el de Pantev, Oostenveld, Engelien, Ross, Roberts y Hoke (1998) mostraron resultados en el mismo sentido. La reorganización cortical puede producirse a muy corto plazo, días, y la rápida respuesta del cerebro al adiestramiento musical puede apreciarse, incluso, a los pocos minutos de práctica (Pascual-Leone, 2003). Así mismo, se han realizado estudios longitudinales con no músicos, para **descartar el factor innato**, y han mostrado también el efecto positivo de la práctica musical a corto plazo en la plasticidad cortical auditiva (Lappe, Herholz, Trainor y Pantev, 2008). Entre músicos profesionales también se hallan diferencias, pues existe una **neuroplasticidad específica** en función del instrumento, lo cual revela la gran capacidad de adaptación y especialización del cerebro (Bangert y Schlaug, 2006).

Diferencias funcionales

Se muestran mejorías funcionales a varios niveles del sistema auditivo: en el procesamiento de la información, a nivel subcortical: respuesta más rápida e intensa del tallo cerebral a los estímulos auditivos y auditivo-visuales del habla (Musacchia, Sams, Skoe y Krauss, 2007), y a nivel cortical (Ramasayer y Altermüller, 2006). También una activación cerebral distinta o más eficiente en procesamiento cortical auditivo (Gaab et al., 2005) y en funciones sensitivo-motoras (Meister et al., 2005). Asimismo, las mejorías también se muestran en una superior integración transmodal: mayor activación en una red fronto-temporo-parietal, con especial participación del córtex auditivo (Haslinger, Erhard, Altenmüller, Schroeder, Boecker y Ceballos-Baumann, 2005).

También se producen mejoras en el procesamiento auditivo al aumentar la práctica musical la capacidad de la memoria auditiva para reconocer secuencias auditivas complejas (Boh, Herholz, Lappe y Pantev, 2011). El entrenamiento, asimismo, está asociado con mejor memoria para música familiar y no familiar (Cohen, Evans, Horowitz y Wolfe, 2011), y con cambios funcionales en el hipocampo adulto (Herdener, Esposito, di Salle, Boller, Hilti y Habermeyer, 2010). Comparando la memoria melódica, se ha observado que los músicos muestran mayor implicación de esta estructura y mayor activación cerebral, lo cual parece indicar que la formación musical se relaciona con capacidades específicas de la memoria, y que éstas podrían ayudar a retrasar el deterioro cognitivo en los músicos (Groussard, La Joie, Rauchs, Landeau, Chételat y Viader, 2012). Los cambios funcionales pueden tener lugar incluso a muy **corto plazo** después del entrenamiento musical tal y como han demostrado Gaab, Gaser y Schlaug (2006) tras sólo 5 días en tareas de discriminación tonal.

Estos estudios demuestran la existencia de diferencias estructurales y funcionales en el S.N., y que en éstas el intenso aprendizaje musical sería más relevante que el factor innato (Wan et al., 2010).

El factor madurativo

Un factor a considerar son las diferencias que surgen en el cerebro en desarrollo, ya que es común, como en este TFM, que la formación musical empiece en la infancia y se prolongue años. Los estudios al respecto, además de ir en la línea de los hallazgos previos, indican la importancia del factor madurativo, pues aprovechar la neuroplasticidad en estos estadios es crucial para optimizar evoluciones futuras (Hernández-Muela, Mulas

y Matos, 2004). La formación musical en la infancia tiene efectos profundos en la estructura y funcionamiento del cerebro (Schlaug, 2015). El entrenamiento musical, si se produce en estas edades (específicamente sobre los 7 años o menos), con las fibras en maduración, y es continuo e intenso, puede aumentar el cuerpo calloso (Schlaug et al., 2009), también puede inducir plasticidad del haz córtico-espinal (Bengtsson et al, 2005), e investigaciones como las de Hyde et al, 2009, entre otras, también aportan resultados similares en este sentido. Especial significación (en relación al presente TFM) tienen estudios como el de Schlaug, Norton, Overy y Winner (2005) en niños de 9 a 11 años, ya que, aparte de apoyar hallazgos ya presentados, mostraron que los niños educados musicalmente tenían un mejor rendimiento en una tarea no musical, el test de vocabulario. Este resultado sugiere que la formación musical puede beneficiar a habilidades no musicales

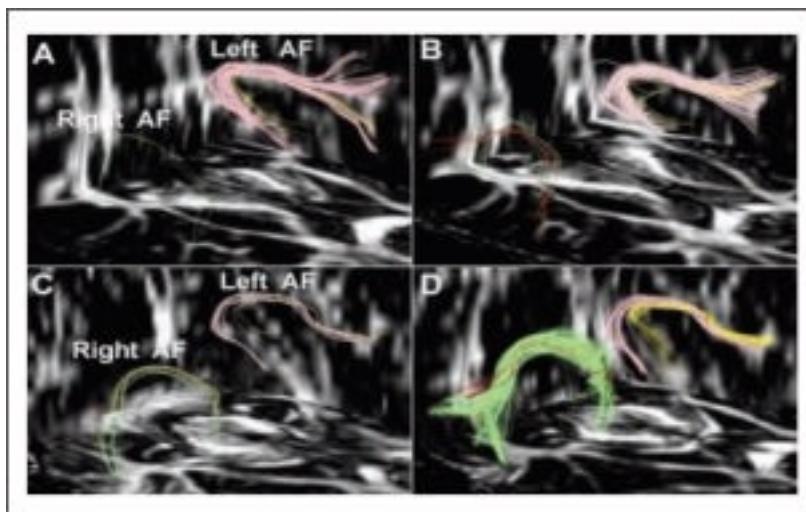


Figura 2 Cambios en el fascículo arcuato después de recibir formación instrumental. Se muestran las tractografías del fascículo arcuato de dos niños, uno sin formación musical, y el otro con ella (extraído de Wan y Schlaug, 2010)

2.3.3 Diferencias en funciones cognitivas superiores no musicales

Se han demostrado adaptaciones cerebrales en los músicos en áreas perceptivas y motoras. Sin embargo, la música no se limita a este tipo de habilidades, ya que también implica procesos cognitivos de orden superior. Con lo cual, gracias a la plasticidad, los sistemas neuronales involucrados en el procesamiento de orden superior también pueden ser moldeados por la experiencia, y debido a ello, podrían esperarse transferencias a capacidades cognitivas no musicales (James, Oechslin, Van De Ville, Hauert, Descloux y Lazeyras, 2014). Los estudios diseñados para investigar estos aspectos han revelado que los músicos muestran mejorías en el procesamiento cognitivo no específicamente musical en amplios dominios. Entre otros: capacidad lingüística y lectora en niños (Moreno, Marques, Santos, Santos, Castro y Besson, 2009), sensibilidad a los sonidos del habla (Besson, Chobert y Marie, 2011), memoria verbal (Bramdler y Rammsayer, 2003), **atención** visual (Patston, Hogg y Tippett, 2007; Rodrigues et al., 2013), utilización, ligeramente, de diferentes redes funcionales para tareas de MT verbal y tonal (Schulze, Zysset, Mueller, Friederici y Koelsch, 2011), o en diferentes aspectos de la función ejecutiva (FE) (Bialystock y DePape, 2009). En cuanto a éstas, se estudió en adultos y niños, su relación con la formación musical con una batería estandarizada de FE y mediante fMRI. Los resultados mostraron asociación entre el entrenamiento musical y ciertas habilidades FE (**MT**, fluidez verbal, velocidad de procesamiento, ...), y los niños entrenados mostraron mayor activación cerebral en las áreas tradicionales de FE (Zuk, Benjamin, Kenyon y Gaab, 2014). En la misma línea, también con niños y adultos, Trainor, Shahin y Roberts (2009) mostraron que el entrenamiento musical está relacionado con mejoras en diversos componentes de las FE (**atención**, expectativa, recuperación de la

memoria, ...) e integración multisensorial. Otra investigación, con una prueba estandarizada de MT y con el uso de potenciales evocados, en músicos no profesionales y no músicos adultos, reveló que la formación musical a largo plazo se relaciona con mejoras en los componentes visual, auditivo y ejecutivo de la **MT** (George y Coch, 2011). Asimismo, los estudios de Hansen, Wallentin y Vuust (2013) mostraron que los músicos superan a los no músicos en tareas de **MT verbal** y que la habilidad musical se asocia con una mejora de la misma. Según Roden, Grube, Bongard y Kreutz (2014) los niños de enseñanza primaria que reciben formación musical se benefician en aspectos cognitivos que están fuertemente relacionados con el procesamiento de la información auditiva. Sus estudios longitudinales indican que la formación musical puede mejorar significativamente componentes de la **MT** auditiva . Con una batería de pruebas conductuales Ramachandra, Meighan y Gradzki (2012), también estudiaron la relación entre la formación musical y los componentes fonológico y ejecutivo central de la **MT** en adultos jóvenes, 30 músicos y 30 no músicos, y los resultados sugieren que la formación musical benefició a los dos componentes, el específico y el general.

Los músicos tienen mayor densidad y organización de las conexiones entre áreas asociadas al control y actualización de la información, y también mayor volumen de materia gris en las mismas. Además, dada la intensa y continua demanda que conlleva la experiencia musical, y el papel central de la WM y la atención en el procesamiento cognitivo, es razonable que los músicos muestren mejor rendimiento, en aspectos concretos de las funciones cognitivas superiores, tal y como muestran los estudios anteriores. En relación a esto, Trainor et al. (2009) afirman que la demanda de atención y memoria para aprender a tocar un instrumento es muy elevada, y que depende de la

integración de procesos bottom-up y top-down, por lo cual, es muy posible que sea el entrenamiento de esta integración lo que subyace en las mejorías que muestran los músicos en los procesos de atención y memoria.

La Figura 3 esquematiza el estado actual, y abierto, de estas investigaciones

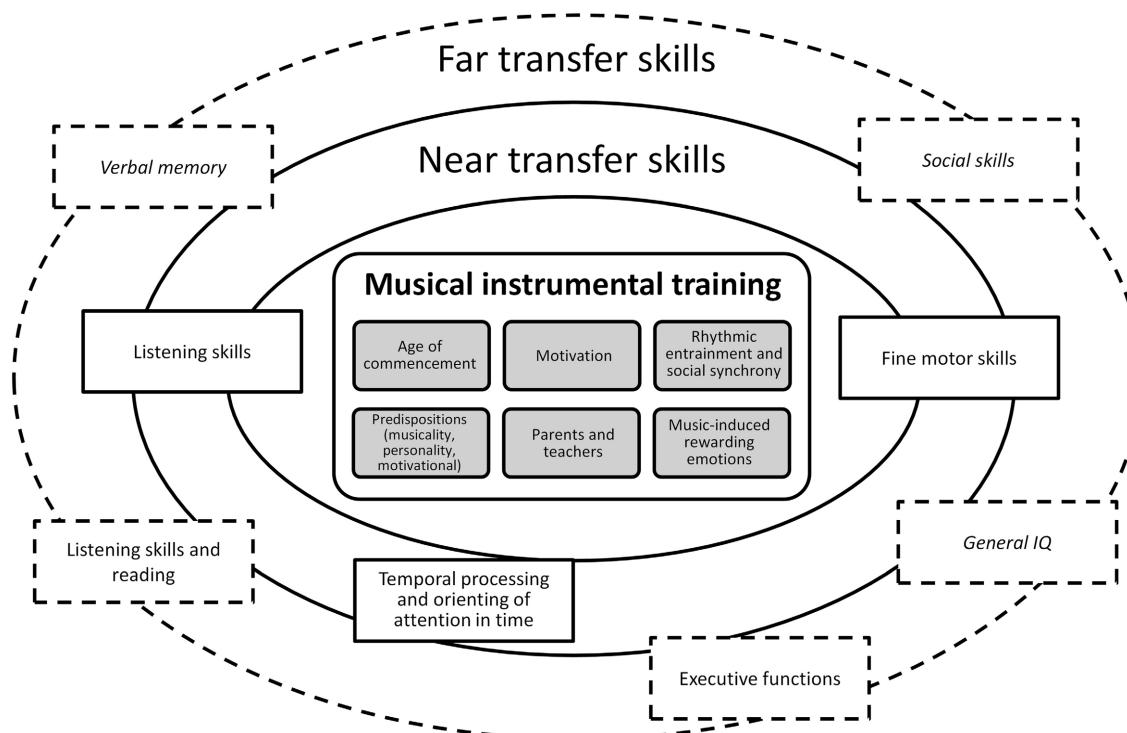


Figura 3 Transferencias a habilidades cercanas y lejanas debidas al entrenamiento instrumental. Las habilidades cercanas están en los rectángulos externos de línea continua. Las lejanas, en los de línea discontinua. Los términos en *italica* indican resultados no concluyentes en la actualidad (extraído de Miendlarzewska y Trost, 2014)

2.4 Atención. Base neuropsicológica

La atención (del latín “attendere”, tensar el arco) es uno de los procesos psicológicos básicos que surge como una función de selección de la información dentro del S.N. para adaptarse al medio, pues la cantidad de estímulos que la situación más sencilla puede suministrar colapsaría la capacidad cerebral (Colmenero, Catena y Fuentes, 2001). Se encuentra ligada al resto de los procesos psicológicos básicos y es la base sobre la que se articula el procesamiento cognitivo. Sus alteraciones siempre derivan en trastornos en la cognición de mayor o menor importancia (Portellano, 2005). Como consecuencia, tendrá una importancia crítica en el contexto educativo: “Los estudiantes con problemas de atención presentan dificultades en el tratamiento de la información que influyen en el rendimiento académico” (León, 2009, p. 18).

García (2008) define la atención como: “el mecanismo implicado directamente en la activación y el funcionamiento de los procesos de selección, distribución y mantenimiento de la actividad psicológica” (p. 14).

La atención es un sistema funcional complejo y multimodal constituido por distintos subprocesos asociados a diferentes áreas del S.N. que funcionan interrelacionadas y que se articulan en estructuras de complejidad creciente (Cuesta et al., 2007; Portellano, 2005). “El concepto de atención conlleva dos grandes procesos que se solapan y se integran en función de la conducta a realizar” (Ortiz, 2009, p. 58). Por una parte, los procesos **bottom-up**, más pasivos y automáticos, relacionados con la atención involuntaria, de situación subcortical, y por otra, los **top-down**: más conscientes, demandan mayor esfuerzo y selección voluntaria y de localización cortical. (Portellano, 2005).

Modalidades de atención

La complejidad de la atención ha dado lugar a establecer distintas clasificaciones, según el criterio o modelo teórico adoptado. Desde el enfoque neuropsicológico los tipos de actividad atencional se pueden ordenar de acuerdo a la secuencia siguiente, estructurada en niveles de complejidad creciente: arousal, atención focal, sostenida, selectiva, alternada y dividida (Sohlberg y Mateer, 1987, 1989; Ortiz, 2009).

Estado de alerta o **arousal**: activación general del organismo, elemental y base de los procesos atencionales. Se puede dividir en atención tónica y atención fásica. La atención tónica es el umbral mínimo de alerta. La atención fásica es la capacidad de dar una respuesta rápida a un estímulo relevante y sorpresivo. Se vincula con la respuesta de orientación o 1^a reacción frente a un estímulo novedoso e inesperado (Portellano, 2005).

Atención focal: capacidad para dirigir o enfocar la atención a un estímulo.

Atención **sostenida**: capacidad de mantener una respuesta ante determinados estímulos durante un tiempo.

Atención **selectiva**: capacidad para centrarse en estímulos relevantes, mientras se suprime deliberadamente la conciencia de otros estímulos distractores.

Atención alternada: capacidad de poder cambiar el foco de atención de forma fluida.

Atención dividida: capacidad de atender simultáneamente y dar respuesta a 2 estímulos con la misma eficacia (Ortiz, 2009).

Sustrato neuronal

La complejidad de la atención implica a muchas y diversas estructuras del S.N. La atención involuntaria y las dos componentes del **estado de alerta**, la atención tónica y la fásica, están reguladas por el sistema activador reticular (S.A.R), sistema funcional cuya base neuroanatómica es la Formación Reticular (F.R.). Ésta se sitúa en el tronco cerebral y desde ahí, pasando por el tálamo, se proyecta a distintas estructuras subcorticales y a la corteza cerebral.

La regulación de la atención **selectiva** y la **sostenida** implica a diversas áreas corticales y subcorticales. Tanto el giro cingulado, como los 4 lóbulos externos están implicados en este proceso, aunque son las cortezas parietal y frontal las más relevantes en su regulación. Y en cuanto a las áreas subcorticales: el tálamo (óptico), el núcleo pulvinar del tálamo, los ganglios basales y el hipotálamo (Jiménez, Hernández, García, Díaz, Rodríguez y Martín, 2012; Ortiz, 2009; Portellano, 2005). Los ganglios basales establecen un puente entre la F.R., corteza y sistema límbico permitiendo que los procesos emocionales se integren con los atencionales. Ya que el presente TFM se centra más directamente en los procesos selectivos de la atención, podemos concretar el importante papel en estos procesos del núcleo pulvinar y también el papel del hipocampo, que estaría implicado en la supresión de la información de los estímulos irrelevantes. En el lóbulo parietal se preparan los mapas sensoriales para controlar la atención, y lesiones en esta región producen déficits en la atención selectiva. El **córtex prefrontal**, por su parte, representa el fin del trayecto de la vía atencional y es fundamental en el control voluntario de la atención (Jiménez et al., 2012; Portellano, 2005).

Modelos teóricos

En los explicaciones teóricas más relevantes de la atención ha estado presente el concepto de filtro de la información (Broadbent, 1958) así como el de capacidad limitada y optimización de los recursos atencionales (Kahneman, 1973). Asimismo, también se incluyen las ideas de jerarquía, niveles de organización creciente, automatismo e intencionalidad, y solapamiento e integración de los procesos que la constituyen. Complejidad que finalmente confluye en el funcionamiento de 3 sistemas o mecanismos generales: alerta, orientación y control (Petersen y Posner, 2012). Así lo muestran la mayoría de los modelos teóricos más importantes: Broadment (1958), Norman y Shallice (1980)], Mesulam (1985), Posner y Petersen (1990), Stuss y Benson (1986), o Petersen y Posner (2012). Sin embargo, a pesar del número de modelos teóricos existentes, la explicación de la estructura y de los mecanismos atencionales constituye un campo abierto y en continua evolución.

2.5 Memoria de Trabajo. Base neuropsicológica

La neurociencia no considera a la memoria como un concepto unitario, ya que distingue diferentes sistemas, tipos o formas de memoria. Entre ellos, la MT se empezó concibiendo como un almacén o estructura de memoria a corto plazo, pero actualmente es considerado como uno de los mecanismos fundamentales de la cognición (Rodríguez, 2010) y una de las nociones más relevantes de la neurociencia (Dudai, 2002). Tanto es así que incluso una serie de investigadores cognitivos afirman que: “es una parte fundamental del mecanismo que crea la conciencia”, ya que, “defienden que la conciencia es el conocimiento de lo que está en nuestra MT”, que es la que, “nos permite darnos

cuenta del aquí y el ahora" (Tirapu-Ustároz y Luna-Lario, 2012, p. 232).

El concepto de MT se genera al unir la noción de almacenamiento y la de procesamiento de la información en la memoria a corto plazo (Rodríguez, 2010). Por su relevancia e influencia se describe a continuación el modelo multicomponente de la MT de Baddley y Hitch.

Según Baddley y Hitch (1974), la MT es un sistema que mantiene y manipula temporalmente información, por lo que está implicado en procesos cognitivos fundamentales como el razonamiento, la comprensión del lenguaje, la lectura, etc. En su concepción teórica estos investigadores proponen un modelo multicomponente en el que un sistema de atención, el sistema ejecutivo central (SEC), controla y coordina varios subsistemas que están subordinados: el bucle fonológico, que se encarga de la manipulación verbal, y la agenda viso-espacial, responsable de la manipulación y generación de imágenes visuales. El bucle fonológico consta de un almacén para información basada en el lenguaje, y un proceso de control articulatorio que se basa en el habla interna. El componente visoespacial además es importante para la planificación y orientación de tareas espaciales, y según algunos autores también se puede dividir en dos componentes: un almacén temporal visual y otro especial. En cuanto al ejecutivo central, es un espacio de procesamiento no claramente delimitado que se va llenando de contenido al asignarle cuestiones clave pero complejas relacionadas con la supervisión tales como controlar la información, seleccionar las estrategias de las actividades cognitivas y combinar la información de los sistemas subordinados. (Alsina y Dolores, 2004)

El modelo de MT tras sus reformulaciones presenta varios cambios: se trata de un sistema atencional operativo que trabaja con contenidos de la memoria, más que un sistema de memoria. El SEC se denomina sistema atencional supervisor (SAS) e incluye varios subprocessos pero no contiene información. Se añade un tercer sistema subordinado, el buffer episódico. Este nuevo subsistema combina información fonológica y visual de los dos primeros componentes e integra, además, la información de la memoria a largo plazo, generando una representación temporal y multimodo de la situación actual. En cuanto al sustrato neuropsicológico, la manipulación de la información implica al **córtex prefrontal dorsolateral**, mientras que el córtex prefrontal ventrolateral estaría más relacionado con el mantenimiento. (Tirapu-Ustároz et al., 2012).

Memoria de trabajo y educación

Como capacidad, la memoria está íntimamente vinculada al aprendizaje y al rendimiento académico, constituyendo un ámbito crítico en la educación debido fundamentalmente a que su funcionamiento muestra todos los aspectos básicos del aprendizaje. La MT, una faceta de la memoria, representa un papel crucial en el mismo y es un excelente indicador para predecir el rendimiento académico (Swanson y Allowey, 2012). La MT también puede ser un buen predictor de la atención (Rodríguez, 2010). Además, si se entrena, puede mejorarse, y los efectos de esta mejoría pueden trasladarse a otros ámbitos como el control de la atención o a tareas no entrenadas que la necesitan. Esto tiene importantes repercusiones en muchos ámbitos y, por supuesto, en el rendimiento escolar (Alsina et al., 2004; Shipstead, Redic y Engle, 2012).

2.6 Atención, Memoria de Trabajo y Funciones ejecutivas

En las dos últimas décadas del s. XX se ha producido un rápido crecimiento en la investigación de las funciones cognitivas superiores, en general, y del constructo denominado FE en particular. Intentando desvelar el funcionamiento del cerebro surge este concepto particularmente complejo en la neuropsicología y no claramente formulado, pues incluye un número muy amplio de funciones, tanto que se ha llegado a considerar un ‘concepto paraguas’, y con muchas diferencias entre los investigadores (Huizinga, Dolan y Van Der Molen, 2006; Marino y Julián, 2010; Tirapu-Ustároz et al., 2012). Según Bauermeister (2012): “las funciones ejecutivas son actividades mentales complejas, necesarias para planificar, organizar, guiar, revisar, regularizar y evaluar el comportamiento necesario para adaptarse eficazmente al entorno y para alcanzar metas” (p.30).

“La atención, la memoria y las FE están relacionadas y son interdependientes” (Sohlberg y Mateer, 2001, p. 8), y tanto la atención selectiva como la MT son componentes fundamentales de la función ejecutiva (Sánchez-Carpintero y Narbona, 2001). Los distintos sistemas de memoria y las FE se influyen mutuamente, y para que se pueda realizar el control del procesamiento de la información, la MT actúa en paralelo con la atención (Narbona y Crespo-Eguílaz, 2005).

El modelo funcional en relación a la FE es concebido como un sistema múltiple de procesamiento que cuenta, por un lado con el circuito dorsolateral, para la atención selectiva, MT, flexibilidad cognitiva o formación de conceptos, y por otro, con áreas ventromediales, para el procesamiento de la información emocional. Que el sistema

ejecutivo funcione como un sistema supramodal de procesamiento múltiple conlleva su influencia mutua con otras funciones cerebrales en un doble sentido: las FE influyen en otros procesos cognitivos, como la atención y memoria (procesamiento top-down), y, a su vez, esos procesos cognitivos también afectan al funcionamiento ejecutivo (procesamiento bottom-up) (Tirapu-Ustároz et al., 2012).

Las bases neuronales de las funciones ejecutivas están en los lóbulos frontales, aunque, tal y como la neuroimagen ha revelado, su participación no es homogénea, correspondiendo al córtex prefrontal, en colaboración con otras regiones como el lóbulo parietal, áreas subcorticales y algunos núcleos talámicos, el papel de principal mediador de la función ejecutiva (Roselli, Jurado y Matute, 2008).

Funciones ejecutivas y educación

Al organizar y coordinar procesos cognitivos fundamentales, las FE son clave para el aprendizaje y para alcanzar los objetivos escolares (Welsh, 2002; Melzter y Krishnan, 2007). Los problemas en la función ejecutiva pueden explicar las dificultades del alumno en el aprendizaje (Ortiz, 2009). Con lo cual, estos resultados tienen una importancia fundamental y pueden ser de gran ayuda en la intervención psicodidáctica (Narbona et al., 2005). En relación a este papel crucial en la educación, Marina (2015) afirma: “Las funciones ejecutivas deben fomentarse en la escuela, y hacerlo dentro del currículo” (p. 57).

3 Marco Metodológico

3.1 Problema que se plantea

La música puede producir profundos cambios y beneficios en el cerebro y la conducta humana. Numerosas investigaciones han demostrado que el entrenamiento musical mejora el procesamiento auditivo y motor, ámbitos directamente relacionados con la actividad musical. Ahora bien, ¿se extienden estas ventajas a otros campos de dominio general, como el procesamiento cognitivo?, ¿existe transferencia entre el aprendizaje musical y el no musical?, ¿mejora la música capacidades no musicales?. La génesis de este estudio tiene que ver con estas cuestiones, y se plantea un problema relacionado: los sujetos que han recibido formación musical prolongada desde la infancia, ¿mostrarán ventajas en dominios no directamente musicales, como las funciones cognitivas superiores?

De modo más preciso, el presente TFM pretende investigar la relación entre la formación musical y determinadas, y centrales, funciones cognitivas superiores, concretamente, atención y memoria de trabajo verbal (MT verbal). Para ello propone un **estudio comparativo** entre la atención y la MT verbal de adolescentes que han recibido formación musical prolongada, continua, moderadamente intensa, desde la infancia (se denominarán “*músicos*”) y adolescentes que no han recibido formación musical excepto la escolar obligatoria (“*no músicos*”). Propone también un **estudio de correlación** entre esas dos variables cognitivas en los *músicos*.

Para medir la atención y la MT verbal se utilizarán dos test neuropsicológicos estandarizados: el d2 y el subtest de Letras y Números de la escala de Weschler-IV,

respectivamente. El grupo de los *no músicos* está integrado por 31 alumnos de un instituto de enseñanza secundaria (IES) y el grupo de los *músicos* lo forman 31 alumnos de un Conservatorio Profesional de Música.

3.2 Objetivos

Objetivo general

Estudiar la relación entre la formación musical y las funciones cognitivas superiores de atención y memoria de trabajo verbal.

Objetivos específicos

Objetivo específico 1: Comprobar si los *músicos* muestran un mejor desempeño en tareas de atención que los *no músicos*.

Objetivo específico 2: Comprobar si los *músicos* muestran un mejor desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal que los *no músicos*.

Objetivo específico 3: Estudiar la correlación entre la atención y la memoria de trabajo verbal en los *músicos*.

3.3 Hipótesis de investigación

En relación a los objetivos, se han planteado las siguiente hipótesis:

Hipótesis de investigación 1: Los *músicos* muestran un mejor desempeño estadísticamente significativo en tareas de atención que los *no músicos*.

Hipótesis estadística 1 (hipótesis nula): No existen diferencias estadísticamente

significativas entre el desempeño en tareas de atención de los *músicos* y el de los *no músicos*.

Hipótesis de investigación 2: Los *músicos* muestran un mejor desempeño estadísticamente significativo en tareas de MT verbal que los *no músicos*.
Hipótesis estadística (hipótesis nula): No existen diferencias estadísticamente significativas entre el desempeño en tareas de memoria de trabajo verbal de los *músicos* y el de los *no músicos*.

Hipótesis de investigación 3: Existe correlación estadísticamente significativa entre la memoria de trabajo y la atención en los *músicos*.

Hipótesis estadística 3 (hipótesis nula): No existe correlación estadísticamente significativa entre la memoria de trabajo verbal y la atención en los *músicos*.

3.4 Diseño

El diseño de investigación es cuantitativo, transversal, y no experimental *ex post facto* en el que se lleva a cabo una estadística descriptiva e inferencial, de contraste de hipótesis, mediante un estudio comparativo paramétrico de dos muestras independientes y otro correlacional paramétrico. Es no experimental porque no se controlan las variables del estudio, no ha habido intervención, y la muestra no es aleatoria. La recogida de información se produce después de que han tenido lugar los hechos constitutivos del problema a estudiar. Por eso, la propia naturaleza del diseño *ex post facto* impide la atribución de causalidad entre las variables estudiadas ya que antecedente no implica causalidad al contrario de lo que expresa la famosa falacia: “*Post hoc ergo propter hoc*”.

3.5 Población y muestra

La población de referencia esta compuesta por estudiantes adolescentes de enseñanzas medias extraídos de un Instituto de Enseñanza Secundaria y un Conservatorio Profesional de Música, ambos de titularidad pública, de la comunidad de Galicia.

Los criterios para seleccionar la muestra fueron:

- 1.- Recibir formación musical prolongada, continua y con una dedicación moderadamente intensa desde la infancia, para integrar el grupo de los *músicos*. No haber recibido ninguna formación musical, excepto la escolar obligatoria, para formar parte de los *no músicos*.
- 2.- Estudiantes entre 13 y 16 años.
- 3.- Estudiantes sin problemas visuales, auditivos o que puedan afectar a la realización de las pruebas.
- 4.- Estudiantes sin problemas o enfermedades neurológicas.

La muestra seleccionada resultante, objeto de este estudio (Tabla 1) la componen finalmente: 62 estudiantes de enseñanzas medias (38 mujeres, 61.29 %, y 23 varones, 38.71 %), con edades comprendidas entre los 13 y los 16 años, distribuidos en dos grupos: el primero, constituido por 31 alumnos extraídos del Instituto de Enseñanza Secundaria, IES *Salvaterra de Miño* (Pontevedra), que no han recibido nunca formación musical excepto la curricular común; el segundo, constituido por 31 alumnos del Conservatorio Profesional de Música de Orense que, aparte de la enseñanza obligatoria,

han recibido formación musical prolongada, continua, moderadamente intensa, y orientada, principalmente, a la especialización instrumental desde la infancia.

El IES “*Salvaterra de Miño*” pertenece al ayuntamiento del mismo nombre y al área metropolitana de Vigo. Este centro tiene 410 alumnos y una oferta de enseñanza secundaria obligatoria (ESO), Bachillerato, un ciclo de grado medio y un ciclo de Formación Profesional básica. Según el índice socioeconómico y cultural (SEC= 498), aportado por la administración educativa, su nivel es medio. El Conservatorio Profesional de Música está situado en la ciudad de Orense. Cuenta con 501 alumnos y oferta enseñanza musical oficial previa al grado superior, es decir, grado elemental y medio. Fundamentalmente el centro ofrece sus servicios a una circunscripción que incluye las comarcas más próximas. El nivel socioeconómico y cultural es medio, según los datos aportados por la Consejería de Educación.

Tabla 1. *Características demográficas de la muestra*

	Edad (años)				Sexo	
	Media	D.t.	Mín.	Máx.	Varón	Mujer
Músicos (N=31)	14.71	1.01	13	16	11	20
No músicos (N=31)	15.10	.75	14	16	13	18
Total (N=62)	14.90	.90	13	16	24	38

D.t.: desviación típica. Mín.: mínimo. Máx.: máximo. N: número de sujetos

3.6 Variables medidas e instrumentos aplicados

3.6.1 Variables medidas

En referencia al objetivo general planteado, se considera que la formación musical es la variable independiente, y la atención y la MT verbal, las variables dependientes. Esta distinción, claro está, no tiene razón de ser en el estudio de correlación. Para realizar el presente trabajo de investigación, además de medir la atención y la MT verbal, también fue necesario recoger información de varias variables como edad, sexo y, asimismo, medidas que describen la variable formación musical (Tabla 2).

A este respecto, hay una serie de características comunes que suelen presentar los sujetos que reciben formación musical, que el grupo de alumnos que hemos analizado también comparten, como se ha podido comprobar en las entrevistas que se realizaron (Anexo III), y que se describen a continuación para aclarar y delimitar a qué se refiere la investigación con la variable “*formación musical*”.

Es un aprendizaje prolongado, continuo, moderadamente intenso, desde la infancia y encaminado, principalmente, a una formación específica como instrumentistas. Es bastante común que su comienzo sea anterior a la formación reglada oficial de las Enseñanzas de Régimen Especial de Música propia de los Conservatorios, sobre todo en escuelas de música. La formación instrumental se distribuye en clases individuales y, aspecto de gran importancia, en clases grupales formando parte de un conjunto. También es habitual que la formación impartida en el Conservatorio sea simultánea y se complemente con otras actividades musicales al margen de la lectiva oficial,

principalmente formando parte de distintas agrupaciones musicales. El tiempo mínimo lectivo semanal es de 4 horas.

Tabla 2. *Características del grupo de los músicos*

		Media ± D. t.
Músicos (N=31)		
<i>Características del grupo</i>		
Edad (años)		14.71 ± 1.01
Edad de inicio de la formación musical (años)		6.19 ± 1.72
Duración de la formación musical (años)		8.52 ± 1.79
<i>Tipo de instrumento musical</i>		<i>Número de sujetos</i>
Tecla (Piano, Clave)		16
Cuerda		7
Viento		8

D.t.: desviación típica. N: número de sujetos

Como se indica en la Tabla 2, la tipología instrumental es mixta, integrada por instrumentos de la familia de cuerda, viento y tecla. Nótese, además, la edad de inicio de la formación musical y recuérdese la importancia de comenzar el adiestramiento en la

infancia, específicamente en el entorno de los 7 años o menos, tal y como se ha expuesto en la revisión teórica (Schlaug, 2015; Schlaug et al., 2009, entre otros).

En cuanto a las variables dependientes, aunque el desarrollo neuronal se prolonga hasta mucho después de la adolescencia, y el córtex prefrontal es una de últimas regiones cerebrales en completarlo, a la edad de los alumnos de la muestra, ya se ha producido la maduración de los procesos de control atencional que necesita la atención selectiva y se ha alcanzado el pico de la sustancia gris en las regiones prefrontales, implicadas en la memoria de trabajo. (Martín-Lobo, 2012; Ortiz, 2009).

Ya se ha profundizado en la fundamentación teórica sobre la atención y la memoria de trabajo, sin embargo, en relación a la variable de MT verbal, hay que señalar que se pueden diferenciar dos facetas de la MT, las funciones, y los contenidos. En cuanto a éstos, se pueden distinguir los de información espacial y los de información verbal. (Rodríguez, 2010). En este estudio la MT se refiere a los contenidos de información verbal, de ahí MT verbal.

3.6.2 Instrumentos aplicados

La memoria de trabajo verbal se midió con el subtest de Números y Letras de la Escala de inteligencia de Wechsler para niños, versión IV, WISC-IV, (Wechsler, 2005), de aplicación individual. El WISC-IV está integrado por una serie de pruebas que evalúan las capacidades intelectuales de los niños y adolescentes entre 6 y 16 años y 11 meses. De las 15 pruebas de las que consta se ha utilizado el test de Números y Letras que pertenece al índice de memoria de trabajo, uno de los cuatro principales que componen la batería. Este test valora la memoria de trabajo verbal, y su fiabilidad y validez están muy

contrastadas pues se trata de una batería muy extensamente utilizada en diferentes estudios y a lo largo de diferentes países.

El índice de Memoria de Trabajo evalúa la capacidad de almacenamiento y manipulación mental de la información, es decir, retener, transformar y generar nueva información. La prueba de Números y Letras analiza la capacidad de almacenar, transformar dos tipos de información, y generar una respuesta organizada en función de las instrucciones recibidas. Consta de 30 ítems o series de cifras y letras organizadas en 10 niveles de dificultad creciente. La puntuación directa que se puede obtener varía entre un mínimo de 0 y un máximo de 30. Se enuncian una serie de números y letras mezcladas que el alumno debe retener, combinar y con los cuáles debe generar una respuesta que siga el siguiente criterio: primero debe decir los números y después las letras, además, los números deben estar ordenados de menor a mayor, y las letras alfabéticamente.

La atención se midió a través del Test D2 (Brickenkamp, 2012), que puede aplicarse de forma colectiva, como en este trabajo, o individualmente. El test D2 evalúa varios aspectos de la atención selectiva y la concentración mental y aporta una medida **concisa** de las mismas a través de 3 componentes atencionales: velocidad, precisión del trabajo y relación entre la velocidad y la precisión. La velocidad es el número de estímulos procesados en un determinado tiempo e indica la intensidad de atención. La precisión o calidad del trabajo guarda una relación inversa con los errores cometidos y está relacionada con el control de la atención. La relación entre velocidad y precisión manifiesta aspectos de la estabilidad y eficacia de la inhibición atencional.

Las numerosas investigaciones que usaron esta prueba indican altos índices de fiabilidad y validez. En la mayoría de estudios, los índices de fiabilidad son mayores de 0.90; incluso en las muestras especiales, están entre 0.70 y 0.80. Es uno de los test de atención más empleados, y ha mostrado su utilidad en la investigación básica y en la psicología aplicada. La prueba d2 también está validada en España para sujetos a partir de los 8 años.

La prueba consta de 14 filas con 47 caracteres cada una de ellas. La tarea consiste en marcar las “d” que tengan dos rayitas y evitar las “p” o las “d” que no tengan las dos rayitas, y se debe realizar tan rápido como sea posible sin cometer errores. Parece claro que para llevar a cabo esta tarea, es decir, para discriminar con rapidez y precisión estímulos visuales similares, se necesita movilizar la atención selectiva (Brickenkamp, 2012). Se dispone de 20 segundos para cada fila, al término de los cuales se dice “¡CAMBIO!” y se pasa a la línea siguiente hasta completar la nº 14. Cuando están claramente explicadas las instrucciones para la prueba y realizada la línea de entrenamiento que incluye el manual, se prepara el cronómetro y comienza la prueba para la que se dispone de 4 minutos y 40 segundos.

El test d2 evalúa la atención mediante varias medidas diversas. Las variables y puntuaciones que pueden obtenerse son: TR, total de respuestas: número de elementos intentados en las 14 líneas (máximo: 658); TA, total de aciertos: número de elementos relevantes correctos (máximo: 299); O, omisiones: número de elementos relevantes intentados pero no marcados; C, comisiones: número de elementos irrelevantes marcados; **TOT, efectividad total** en la prueba, es decir, TR- (O+C); **CON, índice de concentración**, o TA-C; y otras, como TR+, TR- y VAR, índice de variación.

Para medir la atención, este trabajo utilizó las puntuaciones de las variables **TOT** y **CON**. La máxima puntuación que se puede obtener es de 658 y 299, respectivamente. Ambas puntuaciones se distribuyen normalmente, tienen buena fiabilidad y condensan la información de las diversas variables que mide el d2. El valor de CON (índice de concentración) es más sensible a la precisión y al cuidado en la tarea que el valor de TOT, en el que influye más la rapidez de trabajo, y TOT (efectividad total en la prueba), es la medida principal para la validación del test y la más utilizada en los estudios experimentales y aplicados.

3.7 Procedimiento

Para la recogida de datos de la muestra se realizó una visita al IES *Salvaterra de Miño* en la cual se concertó una entrevista con su dirección. En la misma se planteó el trabajo, sus objetivos, los criterios de selección de la muestra, y la documentación del consentimiento informado. Después de trasladar esta información al resto del equipo directivo, departamento de orientación y tutores implicados, se programaron los días para el desarrollo de las pruebas, y considerando el interés educativo de los fines de la investigación, la recogida información se realizó bajo el consentimiento del departamento de orientación y de la dirección del centro.

Para la prueba de atención, que se administró de forma colectiva, se usó un aula espaciosa utilizada para usos múltiples en la que los alumnos se dispusieron en mesas individuales. Se les explicaron cuidadosamente las instrucciones conforme al manual y tras proporcionarles las hojas del test, se procedió al desarrollo de la misma. En cuanto a la prueba de MT, el centro habilitó una sala tranquila situada en la zona de departamentos

didácticos de las distintas materias. Cada alumno venía a la misma, se explicaban las instrucciones, y al acabar el test regresaba a clase y continuaba el siguiente.

El posterior proceso llevado de recogida de información en el Conservatorio fue similar. También tuvo buena acogida y suscitó especial interés entre el profesorado que colaboró para su organización. En este caso se entregó a cada alumno el documento de consentimiento informado previamente a la recogida de datos. El orden de aplicación de las pruebas fue el mismo que en el IES: primero el d2 y después el test de Números y Letras. Sin embargo, a diferencia del IES, la propia dinámica organizativa de este tipo de centros, más heterogénea en cuanto a la distribución temporal de las clases, los alumnos no concuerdan tan fácilmente en sus horarios, ni en los días de asistencia al centro, y la coincidencia en un periodo del año especialmente intenso en actividades musicales paralelas dificultó más la concertación de los días para desarrollar las pruebas.

3.8 Plan de análisis de datos

Para contrastar la hipótesis de ausencia de diferencias en la atención y en la WT, se ha utilizado el estadístico T de Student para dos muestras independientes. Para contrastar la hipótesis de ausencia de correlación de la WT verbal con las componentes de la atención se ha procedido a realizar un análisis de correlación simple mediante el coeficiente de correlación de Pearson. Estos análisis se han realizado con el software estadístico SPSS en el centro de procesamiento de datos de la Universidad Internacional de la Rioja.

4 Resultados

Los resultados obtenidos se organizan en tres apartados. El primero muestra el resultado del estudio de comparación entre la atención de los *músicos* y la de los *no músicos*. El segundo, el del estudio de comparación de la memoria de trabajo verbal. Por último, se muestran los resultados del estudio de correlación entre la memoria de trabajo y la atención en los *músicos*.

4.1 Atención de *músicos* y *no músicos*

Tabla 3. *Estadístico descriptivo de las variables TOT y CON de la atención*

	Músicos				No músicos			
	Media	D.t.	Mín.	Máx.	Media	D.t.	Mín.	Máx.
TOT	441.065	74.304	299	556	407.290	68.528	324	583
CON	171.065	37.383	87	237	153.194	34.552	88	244

D.t.: desviación típica. Mín.: mínimo. Máx.: máximo

Como se muestra en la Tabla 3, las medias numéricas de las puntuaciones TOT y CON de la atención de los *músicos* son claramente superiores a las de los *no músicos*.

Tabla 4. Comparación de las componentes TOT y CON de la atención

Significatividad (<i>p</i>)	
TOT	.068
CON	.055
N	62

TOT: efectividad total. CON: índice de concentración. N: número de sujetos

Tal y como se muestra en la Tabla 4, los *p*-valores de TOT y CON son mayores que .05, el nivel de significación adoptado. No son estadísticamente significativos. Sin embargo, lo superan ligeramente, especialmente el relativo al índice de concentración (CON), que se encuentra en el umbral de la significación. En estos casos, cuando los *p*-valores están entre 0.05 y 0.1, se consideran como marginalmente significativos.

4.2 Memoria de trabajo verbal de músicos y no músicos

Tabla 5. Estadístico descriptivo de la variable memoria de trabajo verbal

	Músicos				No músicos			
	Media	D.t.	Mín.	Máx.	Media	D.t.	Mín.	Máx.
MT verbal	20.484	1.363	18	24	19.097	1.513	17	22

D.t.: Desviación típica. Mín.: Mínimo. Máx.: Máximo. MT verbal: memoria de trabajo verbal

Como se indica en la Tabla 5, las medias numéricas de la MT verbal de los músicos son superiores a las de los no músicos.

Tabla 6. *Comparación de la MT verbal*

	Significatividad (<i>p</i>)
MT verbal	.000**
N	62

MT verbal: memoria de trabajo verbal. N: número de sujetos

** $p < .01$

Los resultados que se han obtenido para la MT verbal son estadísticamente significativos al nivel de 0.01 tal y como muestra la Tabla 6.

4.3 Memoria de trabajo verbal y atención en músicos

Tabla 7. *Correlación entre la MT verbal y las variables TOT y CON de la atención*

Memoria de Trabajo verbal		
N = 31	Correlación de Pearson (r)	Significatividad (<i>p</i>)
TOT	.318*	.012
CON	.291*	.022

TOT: efectividad total. CON: índice de concentración. N: número de sujetos

Como se muestra en la tabla 7, el coeficiente de Pearson (r) de la correlación entre la MT verbal y la variable TOT de la atención es de 0.318, mientras que el de la correlación con la variable CON es 0.291, ambos estadísticamente significativos y positivos. Los valores de la correlación son moderados, y su significación es muy elevada.

5 Discusión y Conclusiones

5.1 Discusión

Primera hipótesis

Según la primera hipótesis planteada, se esperaba encontrar diferencias significativas entre la atención de los *músicos* y los no *músicos*. Los resultados de la prueba T, utilizada para comparar las puntuaciones TOT y CON de la atención, indicaron un p – valor de 0.068 y 0.055, por lo tanto, no son estadísticamente significativos . Estos valores están próximos al nivel de significación adoptado, especialmente el del índice de concentración (CON). En estos casos, cuando p está entre 0.05 y 0.1, se consideran como marginalmente significativos (McMillan y Schumacher, 2005).

Con p mayor que 0.05, no se rechaza la hipótesis nula, con lo cual, **no se acepta la primera hipótesis planteada**. Sin embargo, con un valor de p con tendencia significativa, y con una muestra de este reducido tamaño, no se puede afirmar con rotundidad que no existen diferencias entre los grupos. Si se hace, se podría cometer un error de tipo II, un falso negativo. Es conveniente plantear un estudio con mayor poder estadístico, con una muestra más amplia, para llegar a un resultado más definitivo.

La tendencia a la significación y los indicios de diferencias que se han obtenido en el presente TFM se han podido confirmar en otros estudios como el de Trainor et al. (2009), en el que los músicos mostraron mejorías en diversos componentes de la función ejecutiva, entre ellos la atención, y, asimismo, en las investigaciones de Patston et al. (2007) y Rodrigues et al. (2013), en las que los músicos presentaron ventajas en atención visual.

Segunda hipótesis

La segunda hipótesis esperaba encontrar diferencias significativas entre la MT verbal de los músicos y los no músicos. Para este contraste, el estadístico T aportó un $p = .000^{**} < .05$. El resultado es estadísticamente significativo al nivel de 0.01, con lo cual, la hipótesis nula se rechaza y, por lo tanto, existen diferencias estadísticamente significativas entre la MT verbal de los músicos y no músicos. **Se acepta la segunda hipótesis planteada.**

Existen diversos estudios que confirman los resultados obtenidos. Así, Hansen et al. (2013) mostraron que los músicos superan a los no músicos en tareas de MT verbal y que la habilidad musical se asocia con una mejora de la misma. También, con un planteamiento semejante, la investigación de Roden et al. (2014) reveló que la formación musical puede mejorar significativamente la MT auditiva. Asimismo, las investigaciones de George et al. (2011), Ramachandra et al. (2012) o Zuk et al. (2014), entre otras, sobre el rendimiento de los músicos en los distintos componentes de la MT aportan resultados similares.

Un aspecto a tener en cuenta es que la prueba de atención es mediada visualmente y la de memoria de trabajo de modo verbal. En relación a esto, la investigación ha revelado que los músicos se benefician en aspectos cognitivos fuertemente relacionados con el procesamiento de la información auditiva (Roden et al., 2014), y con los sonidos del habla (Besson et al., 2011). Los resultados que se han obtenido del estudio comparativo del presente TFM son coherentes con esas investigaciones.

Tercera hipótesis

Según la tercera hipótesis, se esperaba encontrar una correlación significativa entre la MT verbal y la atención en los *músicos*. Los resultados de la correlación de Pearson para contrastar la existencia de relación entre la MT verbal y las puntuaciones TOT indicaron un coeficiente, r , de 0.318, con un p -valor igual a 0.012, por debajo del nivel de significación de 0.05 adoptado. El resultado es estadísticamente significativo, por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula, y existe correlación estadísticamente significativa entre la MT verbal y TOT. En cuanto a la correlación de Pearson entre la MT verbal y la puntuación CON, el coeficiente r mostró un valor de 0.291, con una significatividad de 0.022, menor que 0.05. El resultado es estadísticamente significativo, con lo cual, en este caso también se rechaza la hipótesis nula, y existe correlación estadísticamente significativa entre la MT verbal y CON. En los dos casos existe correlación significativa y positiva. **Se acepta**, pues, **la tercera hipótesis planteada**.

Según la literatura científica al respecto, la atención, los sistemas de memoria y las FE están estrechamente relacionadas, y tanto la atención selectiva como la MT son componentes fundamentales de las FE que se influyen mutuamente (Sohlberg y Mateer,

2001; Tirápu-Ustároz, 2012). La MT puede ser un buen predictor de la atención (Rodríguez et al., 2010); actúa en paralelo con la misma para poder realizar el control del procesamiento de la información (Narbona et al., 2005), si se entrena puede mejorarse y esta mejoría puede trasladarse al control de la atención o a tareas que no la necesitan (Alsina et al., 2004; Shipstead et al., 2012). Asimismo, la música moviliza continua e intensamente a la MT y a la atención (Peretz et al., 2005; Trainor et al., 2009). Los resultados significativos y positivos que se han obtenido en el estudio de correlación de este TFM entre la MT y la atención de los músicos son consistentes, pues, con la investigación previa relacionada.

5.2 Conclusiones

En respuesta a los objetivos e hipótesis planteadas, se ha llegado a las siguientes conclusiones:

1. En cuanto al estudio comparativo de la atención, con los p - valores superando ligeramente el nivel de significación de 0.05 adoptado, la hipótesis nula no ha podido ser rechazada y la hipótesis asociada al primer objetivo se rechaza. No obstante, las medias numéricas son superiores en los músicos, y teniendo en cuenta que los resultados obtenidos son marginalmente significativos, y el reducido tamaño de la muestra, no se puede afirmar con rotundidad que no existen diferencias entre los grupos. Sería conveniente aumentar la muestra para obtener datos más definitivos.
2. Los resultados obtenidos del análisis comparativo de la MTverbal son estadísticamente significativos, y la hipótesis asociada al segundo objetivo se confirma.

Los músicos muestran un mejor desempeño estadísticamente significativo en las tareas de MT verbal que los no músicos.

3. Los resultados obtenidos del estudio de correlación entre la MTv y la atención en los músicos son estadísticamente significativos. La hipótesis asociada al tercer objetivo se confirma. Existe correlación estadísticamente significativa y positiva entre la MTverbal y la atención en los músicos.

En cuanto al objetivo general, este trabajo puede contribuir a aclarar la relación entre la formación musical y las funciones cognitivas de atención y MT verbal y de las diferencias entre los músicos y no músicos en las capacidades cognitivas no musicales. Así, en la muestra analizada los músicos mostraron una relación significativa entre la MT verbal y la atención y mejorías en el procesamiento cognitivo: significativas en la MT verbal y marginalmente significativas en la atención. Aunque su diseño no permite establecer que las ventajas cognitivas que presentaron los músicos hayan sido efecto de la formación musical, los resultados obtenidos son coherentes con la investigación que apunta en esa dirección.

5.3 *Limitaciones*

La realización del presente estudio ha tenido que abordar limitaciones temporales derivadas, por una parte, del ritmo de elaboración del TFM y, por otra, de la escasa disponibilidad temporal de los centros para la realización de las pruebas. Adaptarse a la programación y, concretamente, a la dinámica propia y especialmente intensa del Conservatorio durante el trabajo de campo hizo laboriosa la organización de la recogida de datos. Las limitaciones temporales han condicionado también el tamaño de la muestra.

En cuanto a ésta, a pesar de los criterios generales de selección y que el nivel socioeconómico y cultural es medio en los dos grupos, un mismo entorno o cribados previos con pruebas neuropsicológicas garantizarían una mayor equivalencia en los grupos comparados.

Los problemas relacionados con la validez interna derivan de la propia naturaleza del diseño ex post facto que se ha utilizado en este trabajo. Al no haber control de la V.I., la formación musical, esta metodología de investigación plantea serias amenazas a la validez interna. Aunque los músicos muestren un mejor rendimiento cognitivo que los no músicos, con un diseño de este tipo, no es posible inferir que la formación musical haya sido la causante.

Se ha hecho mención a que la reducida muestra ha podido dificultar la detección de diferencias entre los grupos comparados ya que al disponer de pocos participantes aquéllas pueden no apreciarse estadísticamente aunque existan. Aparte, su tamaño también plantea amenazas a la validez externa. La reducida muestra del presente estudio no nos permite tener la certeza para poder extraer los resultados obtenidos a la población.

5.4 Prospectiva

Los resultados obtenidos, consistentes con la amplia y creciente literatura científica que muestra que los músicos presentan ventajas en estos aspectos, nos conducen, pues, a una consideración clara: la importancia que puede tener la formación musical prolongada y, sobre todo, desde la infancia, en la educación y en el rendimiento académico. Resaltando especialmente la producción musical de tipo instrumental, en

grupo y continua (aspectos primordiales), y si se quiere aumentar la demanda, con partitura y con director. La gran ayuda que puede suponer en la intervención psicodidáctica tiene las ventajas adicionales de la relativa facilidad de implementación y de su buena acogida en el contexto escolar.

Una dirección en la que seguir trabajando, con una temática y planteamiento similar, consistiría en aumentar la potencia estadística, con una mayor muestra, y en optimizar la homogeneidad de los grupos comparados. Podría aportar resultados más definitivos. Convendría, asimismo, extender el estudio a otras funciones cognitivas, en general, y a componentes de la función ejecutiva en particular, con la inclusión de más recursos e instrumentos de evaluación y con un mayor control y estructuración de la variable formación musical. Constituiría una línea de trabajo en un campo de investigación abierto, cuyos mecanismos están todavía sin aclarar, y que cada vez está generando mayor interés y producción científica.

6 Programa de intervención neuropsicológica

Se expone a continuación una presentación de la propuesta de intervención neuropsicológica.

Justificación

La MT es una capacidad central en la cognición y, también, como parte fundamental de la FE, juega un papel crítico en el aprendizaje y el rendimiento académico. La interpretación musical moviliza continua e intensamente a la MT. Trabajar esta función cognitiva es clave para alcanzar los objetivos escolares.

Objetivo

Entrenar la MT mediante un programa de adiestramiento musical basado en la práctica instrumental en conjunto.

Metodología

Se propone la actividad musical que más demanda puede plantear al S.N., con la ventaja adicional de la satisfacción que aporta: la interpretación instrumental en grupo. El aspecto clave es la implementación alrededor de 2 pilares fundamentales que reflejan el procesamiento elemental que el cerebro realiza de la música. Pulso y tono. No se necesita nada más. A partir de ahí, de la cuidadosa observación de estos dos parámetros, se puede elevar cualquier construcción que permita la imaginación y creatividad del profesor que guíe la actividad. Diseños basados en claridad y sencillez rítmica y tonal para que sean interpretados instrumentalmente, en conjunto, de modo sistemático, con regularidad y continuidad, y si se quiere aumentar la demanda, con partitura y con dirección.

Actividades

Se contemplan tres tipos de actividades:

Actividades base: práctica de estructuras muy sencillas, basadas en los intervalos, escalas y arpegios esenciales.

Actividades variación: aumento progresivo de la dificultad de las tareas anteriores mediante las ilimitadas posibilidades que la propia música proporciona en cuanto a repetición y variación.

Actividades concierto: aplicación de lo anterior en la interpretación de obras musicales motivantes para el alumnado.

Es posible llevarlo a cabo con material Orff y flautas dulces, de fácil acceso, y es importante, principalmente al inicio, el uso habitual del metrónomo para establecer un aspecto crucial: el pulso exacto. El ritmo matemático se tendrá en cuenta, sobre todo, en las actividades base y variación.

Temporalización

50 minutos a la semana, mínimo, distribuidos en dos sesiones de igual duración en días distintos, durante un curso académico.

Evaluación

Se realizará una evaluación general al inicio y al final del proceso y otras parciales trimestrales, y mediante el análisis de la evolución del rendimiento escolar y de la MT se revisará el resultado de esta propuesta de intervención. Con la implementación de medidas pre-test, post-test, este programa puede ser la base un interesante estudio longitudinal que relacione la formación musical, la MT y el rendimiento escolar.

7 Referencias bibliográficas

- Alsina, A., y Dolores, S. (2004). ¿Es posible entrenar la memoria de trabajo?: un programa para niños de 7-8 años. *Infancia y Aprendizaje*, 27 (3), 275-287.
- Aristóteles. (384-322 a. C.). *La Política*.
- Baddley, A. D., y Hitch, G. (1974). Working memory. *Psychology of learning and motivation*, 8, 47-89.
- Ball, P. (2010). *El instinto musical. Escuchar, pensar y vivir la música*. Madrid: Turner.
- Bangert, M., y Schlaug, G. (2006). Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *European Journal of Neuroscience*, 24, 1832-1834.
- Bauermeister, J. J. (2012). *Hiperactivo, Impulsivo, Distraido ¿Me conoces?*, 2^a ed. New York: Guilford Press.
- Bengtsson, S., Csikszentmihalyi, M., y Ullen, F. (2007). Cortical Regions Involved in the Generation of Musical Structures during Improvisation in Pianists. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 19 (5), 830-842.
- Bengtsson, S., Nagy, Z., Skare, S., Forsman, L., Forssberg, H., & Ullen, F. (2005). Extensive piano practicing has regionally specific effects on white matter development. *Nature Neuroscience*, 8 (9), 1148-1150.
- Bermudez, P., Lerch, J., Evans, A., y Zatorre, R. (2009). Neuroanatomical Correlates of Musicianship as Revealed by Cortical Thickness and Voxel-Based Morphometry. *Cerebral Cortex*, 19, 1583-1596.
- Besson, M., Chobert, J., y Marie, C. (2011). Transfer of training between music and speech: common processing, attention, and memory. *Frontiers in psychology*, 2.
- Blood, A. J., y Zatorre, R. (2001). Intensely pleasurable responses to music correlate with activity in brain regions implicated in reward and emotion. *Proceedings of the National Academy of Sciences U S A*, 98, págs. 11818-11823.
- Boh, B., Herholz, S., Lappe, C., y Pantev, C. (2011). Processing of complex auditory patterns in musicians and non musicians. *Plos One*, 6, 1-10.
- Brandler, S., y Rammsayer, T. H. (2003). Differences in mental abilities between musicians and non-musicians. *Psychol Music*, 31 (2), 123-138.
- Brickenkamp, R. (2012). D2, Test de atención (trad. al castellano por n. Seisdedos. Madrid: TEA Ediciones.
- Broadbent, D. E. (1958). *Perception and communication*. New York: Pergamon Press.

- Brochard, R., Dufour, A., y Despres, O. (2004). Effect of musical expertise on visuospatial abilities: Evidence from reaction times and mental imagery. *Brain and cognition*, 54 (2), 103-109.
- Byalystock, E., y DePape, A. M. (2009). Musical expertise, bilingualism, and executive functioning. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 35 (2), 565-574.
- Chen, J. L., Zatorre, R., y Penhune, V. (2006). Interactions between auditory and dorsal premotor cortex during synchronization to musical rhythms. *Neuroimage*, 32, 1771-1781.
- Clark, D. N., Downey, L. E., y Warren, J. D. (2014). Brain disorders and the biological role of music. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 10 (3), 444-452.
- Cohen, M. A., Evans, K. K., Horowitz, T. S., y Wolfe, J. M. (2011). Auditory and visual memory in musicians and non musicians. *Psychonomic Bulletin and Review*, 18 (3), 586-591.
- Colmenero, J. M., Catena, A., & Fuentes, L. J. (2001). Atención visual: Una revisión sobre las redes atencionales del cerebro. *Anales de psicología*, 17 (1), 45-67.
- Cuesta, M. d. (2007). Psychometric properties of the d2 selective attention test in a sample of premature and born-at-term babies. *Psicothema*, 19 (4), 706-710.
- de Manzano, Ö., y Ullén, F. (2012). Goal-independent mechanisms for free response generation: Creative and pseudo-random performance share neural substrates. *NeuroImage*, 59, 772-780.
- Dudai, Y. (2002). *Memory from A to Z: keywords, concepts and beyond*. New York: Oxford University Press.
- Elbert, T., Pantey, C., Wienbruch, C., Rockstroh, B., y Taub, E. (1995). Increased cortical representation of the fingers of the left hand in string players. *Science*, 270, 305-307.
- Gaab, N., y Schlaug, G. (2003). Musicians differ from non musicians in brain activation despite performance matching. *Annals of New York Academy of Sciences*, 999 (1), 385-388.
- Gaab, N., Gaser, C., y Schlaug, G. (2006). Improvement-related functional plasticity following pitch memory training. *NeuroImage*, 31, 255-263.
- Gaab, N., Gaser, C., Zaehle, T., Jancke, L., y Schlaug, G. (2003). Functional anatomy of pitch memory an fMRI study with sparse temporal sampling. *NeuroImage*, 19 (4), 1417-1426.

- Gaab, N., Tallal, P., Kim, H., Lakshminarayanan, K., Archie, J. J., y Glover, G. H. et al. (2005). Neural correlates of rapid spectrotemporal processing in musicians and non-musicians. *Ann N Y Acad Sci*, 1060, 82-88.
- García, G. E. (2008). Neuropsicología y educación. De las neuronas espejo a la teoría de la mente. *Revista de Psicología y Educación*, 1 (3), 69.
- García, J. (2008). *Psicología de la atención*. Madrid: Síntesis.
- Gaser, C., y Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *Journal of Neuroscience*, 23 (27), 9240-9245.
- George, E. M., & Coch, D. (2011). Music training and working memory; an ERP study. *Neuropsychologia*, 49 (5), 1083-1094.
- Gosselin, N., Samson, S., Adolphs, R., Nounhiane, M., Roy, M., Hasboun, D., y otros. (2006). Emotional responses to unpleasant music correlates with damage to the parahippocampal cortex. *Brain*, 129, 2585-2592.
- Groussard, M., La Joie, R., Rauchs, G., Landeau, B., Chételat, G., y Viader, F. (2012). When music and long term memory interact: Effects of musical expertise on functional and structural plasticity in the hippocampus. *Plos One*, 5, 1-8.
- Gruhn, W., Litt, F., Scherer, A., Schumann, T., Weib, E. M., y Gebhardt, C. (2006). Supressing reflexive behaviour: Saccadic eye movements in musicians and non-musicians. *Musicae Scientiae*, 10 (1), 19-32.
- Gómez, M. A. (2007). Música y neurología. *Neurología*, 22 (1), 39-45.
- Halwani, G. F., Loui, P., Rüber, T., y Schlaug, G. (2011). Effects of practice and experience on the arcuate fasciculus: comparing signers, instrumentalists and non-musicians. *Front Psychol*, 2, 39-47.
- Hansen, M., Wallentin, M., y Vuust, P. (2013). Working memory and musical competence of musicians and non-musicians. *Psychology of Music*, 41 (6), 779-793.
- Haslinger, B., Erhard, P., Altenmuller, E., Schroeder, U., Boecker, H., y Ceballos-Baumann, A. O. (2005). Transmodal sensorimotor networks during action observation in professional pianists. *J Cog Neurosci*, 17 (2), 282-293.
- Herdener, M., Esposito, F., di Salle, F., Boller, C., Hilti, C., y Habermeyer, B. (2010). Musical training induces functional plasticity in human hippocampus. *Journal of Neuroscience*, 30, 1377-1384.
- Hernández-Muela, S., Mulas, F., y Mattos, L. (2004). Plasticidad neuronal funcional. *Revista de Neurología*, 38 (1), 58-68.

- Huizinga, M., Dolan, V., y Van Der Molen, M. (2006). Age related change in executive function: developmental and a latent variable analysis. *Neuropsychologia*, 44, 2017-2036.
- Hutchinson, S., Lee, L., Gaab, N., y Schlaug, G. (2003). Cerebellar volume of musicians. *Cerebral Cortex*, 13, 943-949.
- Hyde, K., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A., y otros. Musical training shapes structural brain development. *The Journal of Neuroscience*, 29 (10), 3019-3025.
- James, C. E., Oechslin, M., Van De Ville, D., Hauert, C., Descloux, C., y Lazeyras, F. (2014). Musical training intensity yields opposite effects on grey matter density in cognitive versus sensorimotor networks. *Brain Structure and Function*, 219 (1), 353-366.
- Jiménez, J. E., Hernández, S., García, E., Díaz, A., Rodríguez, C., y Martín, R. (2012). Test de atención D2: Datos normativos y desarrollo evolutivo de la atención en educación primaria. *Europen Journal of Education*, 5 (1), 93-106.
- Justel, N., y Díaz , V. (2012). Plasticidad cerebral. Participación del entrenamiento musical. *Suma Psicológica*, 97-108.
- Kahneman, D. (1973). *Attention and effort*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Kleim, J. A., y Jones, T. A. (2008). Principles of experience-dependent neural plasticity: Implications for rehabilitation after brain damage. *Journal of speech, language, and hearing research*, 51 (1), S225-239.
- Koelsch, S. (2010). Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends Cog Sci*, 14, 131-137.
- Koelsch, S., Fritz, T., Cramon, DYV., Muller, K., y Friederici, A. D. . (2006). Investigating emotion with music: an fMRI study. *Human Brain Mapp*, 27, 239-250.
- Kolb, B., y Whishaw, I. (2006). *Neuropsicología humana*. Madrid: Médica Panamericana.
- Kopiez, R., y Galley, Niels. (2002). The musicians' glance: a pilot study comparing eye movement parameters in musicians and non-musicians. In *Proceedings of the 7th international conference of music perception and cognition*, (págs. 683-686).
- Lappe, C., Herholz, S., Trainor, L., y Pantev, C. (2008). Cortical plasticity induced by short-term unimodal and multimodal musical training. *Journal of Neuroscience*, 28, 9632-9639.

- León, B. (2009). Atención plena y rendimiento académico en estudiantes de enseñanza secundaria. *European Journal of Education and Psychology*, 1 (3), 17-26.
- Levitin, D. J. (2008). *Tu cerebro y la música*. (RBA, Ed.) Barcelona: RBA.
- Li, S., Han, Y., Wang, D., Yang, H., Fan, Y., y Lv, Y. et al. (2010). Mapping surface variability of the central sulcus in musicians. *Cerebral Cortex*, 20 (1), 25-33.
- Marina, J. A. (2012). Neurociencia y educación. *Revista del Consejo Escolar del Estado*.
- Marina, J. A. (2015). ¿Qué son las funciones ejecutivas? *Cuadernos de Pedagogía* (455), 54-57.
- Marino, D., y Julián, C. (2010). Actualización en Test Neuropsicológicos de Funciones Ejecutivas. *Revista Argentina de Ciencias del Comportamiento*, 2 (1), 34-45.
- Martín-Lobo, P. (2012). Neurociencia y educación. *Revista del Consejo Escolar del Estado*.
- McMillan, J. H., y Schumacher, S. (2005). *Investigación educativa: una introducción conceptual*. Madrid: Pearson.
- Meister, I., Krings, T., Foltys, H., Boroojerdi, B., Muller, M., y Topper, R. et al. (2005). Effects of long-term practice and task complexity in musicians and non-musicians performing simple and complex motor tasks: Implications for cortical motor organization. *Human Brain Mapp*, 25 (3), 345-352.
- Melzter, L., y Krishnan, K. (2007). Executive function difficulties and learning disabilities: Understandings and misunderstandings. En *Executive function in education: From theory to practice* (págs. 77-105). New York: Guilford Press.
- Menon, V., y Levitin, D. J. (2005). The rewards of music listening: response and physiological connectivity of the mesolimbic system. *Neuroimage*, 28, 175-184.
- Mesulam, M. M. (1985). *Principles of behavioral neurology*. USA: Oxford University Press.
- Miendlarzewska, E., y Trost, J. W. (2014). How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in neuroscience*, 7 (279).
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. L., y Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: more evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19 (3), 712-723.

- Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E., y Krauss, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(40), págs. 15894-15898.
- Narbona, J., y Crespo-Eguílaz, N. (2005). Trastorno de memoria y atención en disfunciones cerebrales del niño. *Revista de Neurología*.
- Navas, J. J. (2004). La educación como objeto de conocimiento. El concepto de educación. En M. Pozo Andrés, J. Álvarez Castillo, J. Luengo Navas, y E. Otero Urtza, *Teorías e instituciones contemporáneas del educación*. Madrid: Biblioteca Nueva.
- Norman, D. A., y Shallice, T. (1980). Attention to Action: Willed and Automatic Control of Behavior. En R. I. Davidson, G. Schwartz, & D. Shapiro (Edits.), *Consciousness and Self-regulation* (Vol. 3, págs. 1-18). New York: Plenum Press.
- Ortiz, T. (2009). *Neurociencia y educación*. Madrid: Alianza Editorial.
- Ortiz, T., Poch-Broto, J., Requena, C., Santos, JM., Martínez, A., y Barcia-Albacar, JA. (2010). Neuroplasticidad cerebral en áreas occipitales en niños ciegos. *Revista de Neurología*, 50 ((Supl 3)), 19-23.
- Pantev, C., Oostenveld, R., Engelien, A., Ross, B., Roberts, L., y Hoke, M. (1998). Increased auditory cortical representation in musicians. *Nature*, 392, 811-814.
- Pascual-Leone, A. (2003). The brain that makes music and is changed by it. *The Cognitive Neuroscience of Music*.
- Patston, L. L., Hogg, S. L., y Tippett, L. J. (2007). Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. *L laterality*, 12 (3), 262-272.
- Peretz, I., y Coltheart, M. (2003). The modularity of music processing. *Nature Neuroscience*, 6 (7), 688-691.
- Peretz, I., y Zatorre, R. (2003). *The cognitive neuroscience of music*. New York: Oxford University Press.
- Peretz, I., y Zatorre, R. (2005). Brain organization for music processing. *Annual Review of Psychology*, 56, 89-114.
- Peretz, I., Gosselin, N., Belin, P., Zatorre, R., Plailly, J., Tillmann, B. (2009). The cortical organization of music recognition. The neurosciences and music III: disorders and plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 256-265.
- Petersen, S. E., & Posner, M. I. (2012). The attention system of the human brain: 20 years after. *Annual review of neuroscience*, 35 (1), 73-89.

Platón. (427-347 a. C.). *República*.

Portellano, J. A. (2005). *Introducción a la neuropsicología*. Madrid: McGraw-Hill.

Posner, M. I., y Petersen, S. E. (1990). The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13 (1), 25-42.

Ramachandra, V., Meighan, C., y Gradzki, J. (2012). The Impact of Musical Training on the Phonological Memory and the Central Executive: A Brief Report. *North American Journal of Psychology*, 14 (3), 541.

Rammasayer, T., y Altenmüller, E. (2006). Temporal information processing in musicians and non-musicians. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 24 (1), 37-48.

Robles de la Puente, J. (2013). Aspectos cognitivos, emocionales y de personalidad en respuesta a estímulos musicales consonantes y disonantes.

Roden, I., Grube, D., Bongard, S., y Kreutz, G. (2014). Does music training enhance working memory performance? Findings from a quasi-experimental longitudinal study. *Psychology of Music*.

Rodrigues, A. C., Loureiro, M. A., y Caramelli, P. (2013). Long-term musical training may improve different forms of visual attention ability. *Brain and cognition*, 82 (3), 229-235.

Rodríguez, F. R. (2010). Cambios en la memoria de trabajo asociados al proceso de envejecimiento. Madrid.

Roselli, M., Jurado, M. B., y Matute, E. (2008). Las funciones ejecutivas a través de la vida. *Revista de Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, 8 (1), 23-46.

Sánchez-Carpintero, R., y Narbona, J. (2001). Revisión conceptual del sistema ejecutivo y su estudio en el niño con trastorno por déficit de atención e hiperactividad. *Revista de Neurología*, 33, 47-53.

Sacks, O. (2009). *Musicofilia*. Barcelona: Anagrama.

Schön, D., Anton, J., Roth, M., y Besson, M. (2002). An fMRI study of music sight-reading. *Neuroreport*, 13, 2285-2289.

Schlaug, G. (2015). Musicians and music making as a model for the study of brain plasticity. *Progress in brain research*, 217, 37-55.

Schlaug, G., Forgeard, M., Zhu, L., Norton, A., Norton, A., y Winner, E. (2009). Training-induced Neuroplasticity in Young Children. The neuroscience and

Music III: Disorders and Plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, 205-208.

Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y., Staiger, J., y Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33, 1047-1055.

Schlaug, G., Martin, B., Thangarai, V., Edelman, R., y Warach, S. (1996). Functional anatomy of pitch perception and pitch memory in non-musicians and musicians: an fMRI-behavioral study. *Neuroimage*, 3 (3), S318.

Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., y Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060 (1), 219-230.

Schulze, K., Zysset, S., Mueller, K., Friederici, A. D., y Koelsch, S. (2011). Neuroarchitecture of verbal and tonal working memory in non musicians and musicians. *Human Brain Mapp*, 32 (5), 771-783.

Sergent, J., Zuck, E., Terriah, S., y MacDonald, B. (1992). Distributed neural network underlying musical sight-reading and keyboard performance. *Science*, 257, 106-109.

Shipstead, Z., Redick, T. S., y Engle, R. W. (2012). Is working memory training effective? *Psychological bulletin*, 138 (4), 628-654.

Snell, R. S. (2007). *Neuroanatomía clínica*. Ed. Médica Panamericana.

Sohlberg, M. M., y Mateer, C. A. (1987). Effectiveness of an attention training program. *Journal of Clinical and Experimental Neuropsychology*, 19, 117-130.

Sohlberg, M. M., & Mateer, C. A. (1989). *Introduction to cognitive rehabilitation: theory and practice*. New York: Guilford Press.

Sohlberg, M. M., y Mateer, C. A. (2001). *Cognitive rehabilitation: An integrative neuropsychological approach*. New York: Guilford Press.

Stewart, L., von Kriegstein, K., Warren, J. D., y Griffiths, T. D. (2006). Music and the brain: disorders of musical listening. *Brain*, 129 (10), 2533-2553.

Stuss, D. T., y Benson, D. F. (1986). *The Frontal Lobes*. New York: Raven Press.

Swanson, H. L., y Alloway, T. P. Working memory, learning and academic achievement. Washington, DC.

Tirapu-Ustároz, J., y Luna-Lario, P. (2012). Neuropsicología de las funciones ejecutivas. En J. Tirapu-Ustároz, A. García-Molina, M. Ríos-Lago, y A. Ardila, *Neuropsicología de la corteza prefrontal y las funciones ejecutivas* (págs. 221-259).

- Trainor, L. J. (2008). The neural roots of music. *Nature* , 453, 598-599.
- Trainor, L. J., y Schmidt, L. (2003). Processing emotional induced by music. En I. Z. In Peretz (Ed.), *The cognitive neuroscience of music* (págs. 310-324). New York: Oxford University Press.
- Trainor, L. J., Shahin, A., y Roberts, L. (2009). Understanding the benefits of musical training. *Annals of the New York Academic of Sciences* , 1169 (1).
- UNESCO. (2011). Clasificación Internacional Normalizada de la Educación. Québec.
- Universidad Internacional de la Rioja. (2015). Tema 1: Avances en Neuropsicología. Universidad Internacional de la Rioja. Material no publicado.
- Wan, C. Y., y Schlaug, G. (2010). Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life spam. *The Neuroscientist* , 16 (5), 566-577.
- Wechsler, D. (2005). WISC-IV. Escala de inteligencia de Wechsler para niños-IV. Adaptación española. Madrid: TEA .
- Welsh, M. C. (2002). Developmental and clinical variations in executive function. En D. L. Mofese, y V. J. Molfese (Edits.), *Developmental variations in learning applications to social, executive functions, language, and reading skills* (págs. 139-185). New Jersey: Lawrence Erlbaum Associates.
- Zatorre, R. J. (2001). Neural specializations for tonal processing. *Annals of the New York Academic of Sciences* , 930, 193-210.
- Zatorre, R. J. (2003). Neural specializations for tonal processing. En R. J. Zatorre, y I. Z. In Peretz (Ed.), *The cognitive neuroscience of music* (págs. 231-246). New York: Oxford University Press.
- Zatorre, R. J., y Halpern, A. (2005). Mental concerts: musical imagery and auditory cortex. *Neuron* , 47, 9-12.
- Zatorre, R. J., y McGill, J. (2005). Music, the food of neuroscience? *Nature* , 434, 312-315.
- Zatorre, R. J., y Peretz, I. (2001). The biological foundations of music. *Annals of the New York Academy of Sciences* , 930.
- Zatorre, R. J., y Salimpoor, V. N. (2013). From perception to pleasure: music and its neural substrates. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , 110 (Supplement 2), 10430-10437.
- Zatorre, R. J., y Samson, S. (1991). Role of the right temporal neocortex in retention of pitch in auditory short-term memory. *Brain* , 114, 2403-2417.

- Zatorre, R. J., Belin, P., y Penhune, V. (2002). Structure and function of auditory cortex: music and speech. *Trends in Cognitive Sciences*, 6, 37-46.
- Zatorre, R. J., Chen, J., y Penhune, V. (2007). When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Review of Neuroscience*, 8, 547-558.
- Zatorre, R. J., Evans, A., y Meyer, E. (1994). Neural mechanisms underlying melodic perception and memory for pitch. *Journal of Neuroscience*, 14, 1908-1919.
- Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., y Gaab, N. (2014). Behavioral and Neuronal Correlates of Executive Functioning in Musicians and Non-Musicians. 9(6).

Webgrafía

- Ferrari, R. (2013). *Neurociencia para Psicólogos*. Recuperado de <http://neuroscienciaparapsicologos.com/2013/05/18/robert-zatorre-musica-y-neurociencia-2/>
- Quijada, P. (2012). *Cosas del cerebro*. Recuperado de <http://abcblogs.abc.es/cerebro/public/post/robert-zatorre-la-musica-nos-emociona-nos-da-placer-y-nos-ayuda-a-controlar-el-sistema-nervioso-12272.asp/>

ANEXO I. d2

Nombre y apellidos: _____ Edad: _____
Sexo: V M Centro/Empresa: _____

d2

Esta prueba trata de conocer su capacidad de concentración en una tarea determinada. En esta página se le presenta un ejemplo y una línea de entrenamiento para que usted se familiarice con la tarea.

Ejemplo

"d d d"

Observe las tres letras minúsculas del ejemplo. Se trata de la letra **d** acompañada de dos rayitas. La primera **d** tiene las dos rayitas encima, la segunda las tiene debajo y la tercera **d** tiene una rayita encima y otra debajo. Observe que en estos casos la letra **d** va acompañada de dos rayitas.

Su tarea consistirá en buscar las letras **d** iguales a esas tres (con dos rayitas) y marcarlas con una línea (/). Fíjense bien, porque hay letras **d** con más de dos o menos de dos rayitas y letras **p**, que NO deberá marcar en ningún caso, independientemente del número de rayitas que tengan. Si se equivoca y quiere cambiar una respuesta, debe tachar la línea con otra, formando un aspa (X), de forma que se advierta que desea corregir el error.

Vd. sólo deberá marcar las letras **d** con dos rayitas. Practique en la línea de entrenamiento que aparece al final de esta página. Observe que cada letra lleva encima un número. La primera letra ya aparece tachada a modo de ejemplo. Haga ahora la línea de entrenamiento.

Cuando haya terminado, compruebe que ha marcado las letras números 3, 5, 6, 9, 12, 13, 17, 19 y 22.

A la vuelta de la hoja (ESPERE, NO LA VUELVA TODAVÍA) encontrará 14 líneas similares a la línea de práctica que acaba de realizar. De nuevo, su tarea consistirá en marcar las letras **d** con dos rayitas. Comenzará en la línea nº 1 y cuando el examinador le diga ¡CAMBIO!, pasará a trabajar a la línea nº 2 y cuando el examinador diga ¡CAMBIO! comenzará la siguiente línea de la prueba y así sucesivamente. Compruebe que no se salta ninguna línea.

Trabaje tan rápidamente como pueda sin cometer errores. Permanezca trabajando hasta que el examinador diga ¡BASTA!; en ese momento deberá pararse inmediatamente y dar la vuelta a esta hoja.

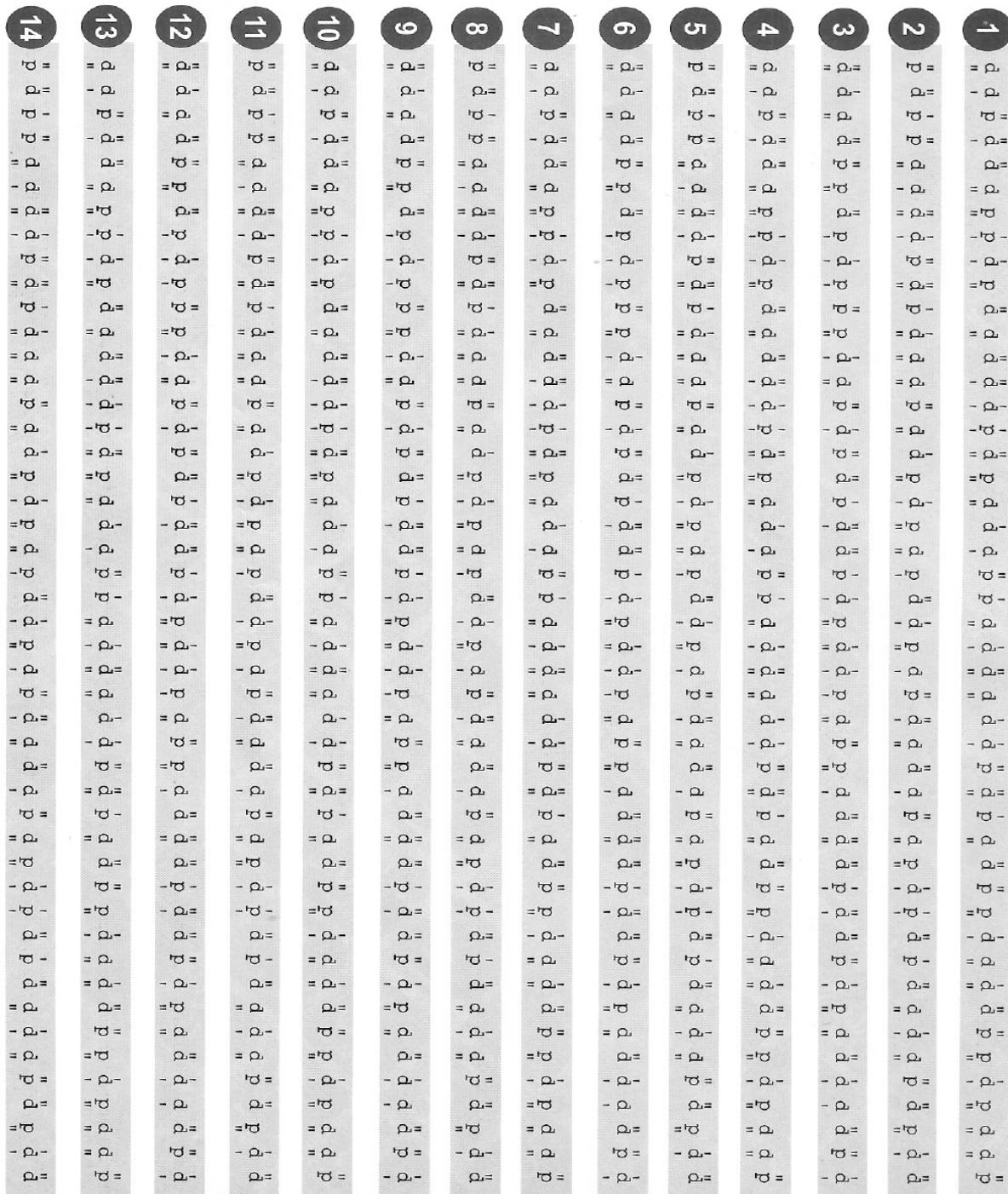
ESPERE. NO VUELVA LA HOJA HASTA QUE SE LO INDIQUE EL EXAMINADOR.

Línea de entrenamiento

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
X	p	d	d	d	d	p	d	d	p	d	d	d	d	p	p	p	d	d	p	d	d

tea
editions

Autor: Rolf Broekinkamp - Copyright © 1982 by Hogrefe & Huber Publishers.
Copyright de la edición española © 2002 by TEA Ediciones, S.A.U. Prohibida la reproducción total o parcial. Todos los derechos reservados. Esta ejemplar está impreso en DOS TINTAS.
Se presentan uno en negro, as una reproducción legal. En beneficio de la profesión y en su propio. NO LA UTILICE. Printed in Spain. Impreso en España.



MUY
IMPORTANT
POR FAVOR,
NO ESCRIBA
NADA EN ESTA
FRANJA AZUL
O PUEDE
INVALIDAR
SU EJERCICIO.

Anexo II. Subtest de Letras y Números – WISC- IV

7 Letras y números

COMIENZO 6 a 7 años: elementos de eliminación, ejemplos y elemento 1
8 a 16 años: ejemplos y elemento 1

TERMINACIÓN Si el niño no realiza correctamente alguno de los elementos de eliminación o después de obtener 0 puntos en los tres intentos de un elemento

PUNTUACIÓN En cada intento:
0 ó 1 punto en cada respuesta
Puntuación del elemento:
Intento 1+ Intento 2 +
Intento 3

Elementos de eliminación			Respuesta correcta			Correcta	
6-7	Contar		El niño cuenta hasta tres.			SÍ	NO
	Abecedario		El niño dice el alfabeto hasta la letra C.			SÍ	NO
8-16	Elem.	Intento	Respuestas correctas		Respuesta literal	Punt. intento	Punt. elemento
E	1	A-2	2-A	A-2			
	2	B-3	3-B	B-3			
	1	A-3	3-A	A-3		0 1	
1	Si contesta A-3, corregirle como se indica en el manual						0 1 2 3
	2	B-1	1-B	B-1		0 1	
	3	2-C	2-C	C-2		0 1	
2	1	C-4	4-C	C-4		0 1	
	2	5-E	5-E	E-5		0 1	0 1 2 3
	3	D-3	3-D	D-3		0 1	
3	1	B-1-2	1-2-B	B-1-2		0 1	
	2	1-3-C	1-3-C	C-1-3		0 1	0 1 2 3
	3	2-A-3	2-3-A	A-2-3		0 1	
4	1	D-2-9	2-9-D	D-2-9		0 1	
	2	R-5-B	5-B-R	B-R-5		0 1	0 1 2 3
	Si contesta 5-R-B o R-B-5 diga: Debes decir las letras en orden						
	3	H-9-K	9-H-K	H-K-9		0 1	
5	1	3-E-2	2-3-E	E-2-3		0 1	
	Si contesta 3-2-E o E-3-2 diga: Debes decir los números en orden						0 1 2 3
	2	9-J-4	4-9-J	J-4-9		0 1	
	3	B-5-F	5-B-F	B-F-5		0 1	
6	1	1-C-3-J	1-3-C-J	C-J-1-3		0 1	
	2	5-A-2-B	2-5-A-B	A-B-2-5		0 1	0 1 2 3
	3	D-8-M-1	1-8-D-M	D-M-1-8		0 1	
7	1	1-B-3-G-7	1-3-7-B-G	B-G-1-3-7		0 1	
	2	9-V-1-T-7	1-7-9-T-V	T-V-1-7-9		0 1	0 1 2 3
	3	P-3-J-1-M	1-3-J-M-P	J-M-P-1-3		0 1	
8	1	1-D-4-E-9-G	1-4-9-D-E-G	D-E-G-1-4-9		0 1	
	2	H-3-B-4-F-8	3-4-8-B-F-H	B-F-H-3-4-8		0 1	0 1 2 3
	3	7-Q-6-M-3-Z	3-6-7-M-Q-Z	M-Q-Z-3-6-7		0 1	
9	1	S-3-K-4-Y-1-G	1-3-4-G-K-S-Y	G-K-S-Y-1-3-4		0 1	
	2	7-S-9-K-1-T-6	1-6-7-9-K-S-T	K-S-T-1-6-7-9		0 1	0 1 2 3
	3	L-2-J-6-Q-3-G	2-3-6-G-J-L-Q	G-J-L-Q-2-3-6		0 1	
10	1	4-B-8-R-1-M-7-H	1-4-7-8-B-H-M-R	B-H-M-R-1-4-7-8		0 1	
	2	J-2-U-8-A-5-C-4	2-4-5-8-A-C-J-U	A-C-J-U-2-4-5-8		0 1	0 1 2 3
	3	6-L-1-Z-5-H-2-W	1-2-5-6-H-L-W-Z	H-L-W-Z-1-2-5-6		0 1	

Puntuación directa
(máxima=30)

Anexo III. Entrevista

1.- Nombre y Apellidos:

2.- Sexo:

3.- Fecha de nacimiento:

4.- Edad:

5.- Fecha:

6.- Curso:

Específica al grupo de los *músicos*:

7.- Curso (Conservatorio):

8.- Especialidad:

9.- Años de formación musical reglada oficial (Conservatorio):

10.- Años de formación musical:

(Escuela de música, agrupaciones musicales: banda, coro, ...)

11.- Edad de primer contacto con formación musical:

ANEXO IV. Consentimiento informado

El trabajo a realizar será llevado a cabo por Francisco Alfonso Jurado Besada, estudiante de la Universidad Internacional de la Rioja (UNIR).

El objetivo del mismo es la recogida de información para la asignatura Trabajo Fin de Máster, cuyo fin último es la mejora de la práctica educativa. Las pruebas consisten en un test de atención y en un test de memoria de trabajo. No existen riesgos ni contraindicaciones asociados a esta evaluación.

La participación en este trabajo es voluntaria. La información que se recoja será confidencial y no se usará para ningún otro propósito fuera del estricto objetivo de investigación. Además, no se publicarán los datos personales de los sujetos.

padre/madre/tutor legal del alumno/a

manifiesto que he recibido la información necesaria sobre la naturaleza y propósito de los objetivos y procedimientos acerca del trabajo que se realizará.

Por lo que presto mi conformidad para que mi hijo _____ participe voluntariamente en este proceso de investigación, y para que quede constancia de ello a continuación firmo este documento.

Acepto una copia de esta ficha de consentimiento informado, y que no habrá devolución de los resultados cuando esta tarea haya concluido.

Firma del entrevistado
(o representante legal)

Firma del Entrevistador

