



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO**

FACULTAD DE PSICOLOGÍA

Edad de Inicio de la Práctica musical en la
Percepción Musical y el Funcionamiento
Cognitivo

T E S I S

Para obtener el título de:

Licenciada en Psicología

PRESENTA

Areta Ortega Orozco

DIRECTORA DE TESIS:

Dra. Gabriela Orozco Calderón

SINODALES:

Mtra. María Concepción Morán Martínez
Dra. Verónica Ma. Del Consuelo Alcalá Herrera
Lic. Azucena Lozano Gutiérrez
Dra. Maura Jazmín Ramírez Flores



Ciudad Universitaria, Cd, Mx., 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

A mis padres, por toda una vida juntos, por el cariño y apoyo que me ha permitido estar donde estoy. Los quiero con todo el corazón. A mi familia que ha estado acompañándome siempre.

A la doctora Gabriela Orozco, esta tesis no hubiese sido posible sin ti, gracias por coincidir en mi camino, por acompañarme desde los primeros semestres, te quiero y admiro siempre.

A mis mejores amigos Marlon Camiruaga y Karla Mayo, con quienes he compartido gran parte de mi vida, muchas risas, canciones, bromas, por todos esos momentos que siempre llevaré a donde vaya, porque con un abrazo o con simplemente verlos u oír su voz me hacen recordar lo bella que es la vida. Son de las personas más importantes para mí y que me han hecho inmensamente feliz. Siempre juntos.

A mis músicos favoritos: Erika Ramírez, maestra y amiga, por mostrarme lo increíble que es seguir el camino de la música, por todas esas pláticas y conciertos. Ángel Rivera gracias por aparecer, por acompañarme, porque esos caminos hacia el conservatorio a tu lado me hacían el día, por tus chistes, pláticas profundas o simplemente momentos de silencio que de alguna manera me ayudaron a seguir en esto. Es un placer siempre verlos y hacer música con ustedes.

A mis sinodales y maestros Dra. Maura, Mtra. Concepción, Lic. Azucena y Dra. Verónica quienes con sus comentarios me enseñaron diferentes puntos de vista para enriquecer este trabajo. Ana Ruth, gracias por compartir con tanto entusiasmo todo tu conocimiento y calidad humana, mi total admiración al trabajo que realizas, al Dr. Octavio González por enseñarme tanto.

A mis mejores amigas de la facultad Diana, Lilian, Mariel, Monse, Mayra, Valeria, Karla, por todas esas pláticas, viajes, trabajos, sin ustedes el camino no hubiera sido tan bello. A los neuro amigos: Dr. Pavel, fue bonito coincidir contigo, compartimos nuestro sufrimiento al realizar nuestras tesis y la alegría de saber que pronto terminaríamos, gracias por las palabras de apoyo que siempre tienes. A Uriel por estar, compartir y ayudarme siempre.

A mis compañeros del laboratorio de Psicobiología y Cognición humana por sus comentarios hacia este trabajo y porque hemos crecido juntos.

A todos los participantes que se tomaron el tiempo de contribuir en esta investigación y que lo hicieron con mucho entusiasmo.

A la UNAM por la oportunidad que me ha dado de aprender tanto y de conocer increíbles personas.

INDICE

Resumen	3
Introducción	4
Capítulo 1 Marco teórico	7
1.1 Música.....	7
1.1.1 Origen y función	
1.1.2 Procesamiento musical	
1.1.3 Modelos neuropsicológicos sobre el procesamiento de la información	
1.1.4 Modelo de procesamiento musical de Peretz y Coltheart	
1.1.5 Correlatos anatómicos	
1.2 Música y plasticidad	20
1.2.1 La música como un modelo de plasticidad	
1.2.2 Implicaciones estructurales y funcionales	
1.2.3 Variables que intervienen en la plasticidad	
1.3 Neuropsicología	31
1.3.1 Neuropsicología	
1.3.2 Funciones cognitivas (atención, memoria y funciones ejecutivas) y su relación con la música	
Capítulo 2 Metodología	48
Capítulo 3 Resultados	56
Capítulo 4 Discusión	69
Referencias.....	82

RESUMEN

Tanto el origen y la función de la música como su procesamiento ha interesado a muchos investigadores y se ha descrito como un modelo de plasticidad tanto estructural como funcional en el que las áreas implicadas y las conexiones se ven modificadas, estos cambios dependen de diversas variables, entre ellas el inicio del entrenamiento. Los estudios de neuroimagen en conjunto con tareas que incluyen estímulos musicales han apoyado estos cambios pudiendo diferenciar a músicos de no músicos en cuanto a volumen y activación de áreas específicas. Recientemente el estudio de otras funciones cognitivas (no musicales directamente) en músicos profesionales ha cobrado importancia y se estudia cómo es que la práctica musical puede influir en estas funciones cognitivas, para lo cual utilizar baterías neuropsicológicas resulta de gran utilidad. El objetivo de esta investigación fue estudiar cómo la práctica musical y su inicio temprano incide tanto en habilidades propias de ésta como la percepción musical, al mismo tiempo que influye en el funcionamiento cognitivo. Para ello, se formaron un grupo de músicos profesionales de inicio temprano, un grupo de músicos profesionales de inicio tardío y un grupo control de no músicos. Se aplicó la batería NEUROPSI atención y memoria, subpruebas de memoria de trabajo de BANFE y la batería PROMS para percepción musical de manera individual. De manera descriptiva se encontró que los perfiles de ejecución de los tres grupos se comportan de manera diferente y se encontraron diferencias significativas en memoria, atención, funciones ejecutivas y percepción musical, especialmente entre músicos que iniciaron antes de la adolescencia vs no músicos. Se concluye que la práctica musical temprana tiene un impacto favorable en tareas que implican procesos atencionales, funciones ejecutivas y memoria.

Palabras clave: atención, memoria, funciones ejecutivas, edad, práctica musical, percepción musical.

INTRODUCCIÓN

Al hablar no solo de la escucha de la música sino de procesamiento musical completo (el cual se refiere tanto a la entrada como salida de información de diferentes maneras), se considera a la música como una actividad compleja con gran demanda cognitiva, que requiere de un sistema modular, donde cada módulo está encargado de procesar los elementos más básicos. Y que mediante conexiones entre estos se puede hacer un análisis completo. Con ello se ha investigado cómo distintas áreas cerebrales y sus conexiones están implicadas en cada uno de estos inputs y outputs del procesamiento musical.

El procesamiento musical ha sido tomado como modelo para estudiar la plasticidad cerebral estructural y funcional, ya que es un fenómeno que requiere de práctica continua y repetitiva (Dawn et al. 2011), además, cuenta con diferentes modalidades tanto para la entrada de información (auditiva, lectura de partituras, observación del director de orquesta, etc.) como para la salida de información (canto, ejecución de instrumentos, escritura de partituras, evocación de emociones e identificación de melodías). Para estudiar esta plasticidad se utilizan técnicas de neuroimagen con o sin realización de tareas, donde se puede observar tanto el volumen como la activación de las estructuras implicadas comparando a músicos con no músicos; además de estas comparaciones se han tomado en cuenta diferentes variables como los años de estudio, el sexo, el tiempo que se dedica a la práctica, el tipo de música o instrumento, siendo una de las variables más importantes y estudiadas el inicio temprano o tardío del entrenamiento musical, pues se menciona que cambios importantes tanto funciones motoras como auditivas son dependientes de periodos críticos o sensibles que en este caso se establecen en esa edad temprana aunque esto sigue en discusión actualmente.

Al estudiar la plasticidad, ha crecido el interés sobre el estudio de la relación que pueda tener la práctica musical con otras funciones cognitivas encontrando una influencia positiva en la cognición en funciones tales como la memoria, habilidades visoespaciales, atención y funciones ejecutivas (Casares et al. 2013) pero muchos de estos estudios han utilizado estímulos musicales, por ejemplo, para el estudio de

la memoria han usado la memorización de tonos o el reconocimiento de melodías previamente presentadas. Por el contrario, menos investigaciones han estudiado estas funciones cognitivas sin utilizar estímulos musicales y algunos de sus resultados han sido inconsistentes. De igual forma, aunque se ha descrito que las funciones cognitivas cuentan con periodos críticos o sensibles para su desarrollo, sin embargo, mientras que el desarrollo motor y sensorial que se necesita para la percepción y ejecución musical se describe como dependiente en alto grado del inicio del entrenamiento antes de los siete años, las funciones cognitivas no musicales pueden madurar y ser más eficientes tanto en esta edad como en la adolescencia, esta última se caracteriza por el desarrollo de funciones cada vez más complejas (Gómez et al. 2003), así la relación de la práctica musical temprana con estas funciones no se ha estudiado suficiente comparada con el inicio temprano y tardío del entrenamiento.

En esta investigación se estudió como el practicar música a temprana edad puede resultar benéfico tanto para un mejor rendimiento en la profesión como para el desarrollo de funciones cognitivas, para tal fin se utilizó una prueba para medir elementos de percepción musical PROMS y la batería neuropsicológica NEUROPSI atención y memoria, además de las subpruebas de memoria de trabajo de BANFE.

El presente trabajo consta de 4 capítulos, en el primero se presenta el marco teórico, donde se analizan las funciones que se han atribuido a la música, cómo se da el procesamiento musical y cómo es explicado a partir de modelos neuropsicológicos incluyendo los correlatos neuroanatómicos de los diferentes componentes de este procesamiento. También se explica por qué la práctica musical ha cobrado importancia al estudiar el fenómeno de plasticidad cerebral, que implicaciones estructurales y funcionales tiene y las variables que intervienen al hablar de plasticidad, principalmente la etapa del neurodesarrollo en que se encuentran las personas cuando inician la práctica musical. Después se habla acerca de la neuropsicología y las funciones cognitivas, así como los hallazgos acerca de la influencia de la práctica musical en el desarrollo de estas funciones.

En el capítulo dos se expone el motivo de la investigación, así como la metodología utilizada. En el capítulo tres se incluyen los resultados del análisis de los datos los cuales incluyen datos sociodemográficos de los participantes, los puntajes obtenidos en la prueba de percepción musical y las baterías neuropsicológicas, así como las diferencias encontradas entre los grupos.

Finalmente, el capítulo cuatro incluye la discusión, conclusiones, ugerencias y limitaciones de la investigación.

CAPÍTULO I . MARCO TEÓRICO

1.1 MÚSICA

1.1.1 Origen y función

Existe una gran dificultad para definir el término música de una sola manera, sin embargo, la noción de ésta se tiene y se comprende de manera universal. Se considera a la música como un arte que incluye a los sonidos y a la presentación de éstos en el tiempo. La definición que más se ha utilizado es “El arte de combinar los sonidos de una manera agradable al oído” (Rousseau, 1768), sin embargo, muchos otros autores han mencionado que esta es una definición incompleta, ya que la música es algo mucho más complejo que eso y que, no siempre resulta agradable al oído, pues cada cultura y cada época tienen un estilo musical diferente.

La música se ha descrito como un fenómeno complejo observado en el ser humano, y que tiene como principal función comunicar y evocar emociones (Arias, 2007). A pesar de que el evocar emociones sea la idea más aceptada actualmente sobre la función que tiene este arte, diversos autores en diferentes épocas y contextos han aportado ideas sobre esto y, estas propuestas han sido heterogéneas.

Darwin (1871) menciona que, aunque una gran parte de las cosas efectuadas por el hombre se deben a la imitación, éste no puede lograrlo con solo imitar como otros animales, sino que es preciso que aprenda a ejecutar por medio de la práctica, tal es el caso de la música y el lenguaje. Del mismo modo, planteó el enigma del origen de la música dentro de la evolución del ser humano, sin encontrar respuestas, y manifestó su incompreensión sobre la función biológica de la música en los humanos, concluyendo que el disfrutar la música o producirla no tiene una utilidad adaptativa real para el hombre; Pinker en 1997 propone que la música no es una adaptación evolutiva directa y que es posible que sea producto secundario de otros rasgos y que las capacidades musicales son posibles gracias al uso, colaboración o la participación de sistemas que ya se han desarrollado para otros propósitos.

Thompson et al. (2013) proponen que puede tener ciertas funciones adaptativas, que surge de manera simultánea al lenguaje verbal proponiendo un vínculo evolutivo entre ellos; García et al. (2013), por otro lado, sugieren que la música es innata y precursora del lenguaje hablado, se ha estudiado cómo los bebés pueden mostrarse sensibles a melodías y ritmos incluso desde la etapa intrauterina.

Celis et al. (2014) muestran que existe una activación cerebral en las mismas áreas auditivas y de lenguaje cuando se escucha música, por lo que suponen que la especialización se debe al aprendizaje en los entornos que llevan al cerebro a crear diferencias entre la música, el lenguaje y el ruido ambiental, creando parámetros de respuesta diferenciados, ya que desde muy temprana edad es posible reconocer estructuras corticales organizadas que responden a estímulos musicales.

En conclusión la música puede considerarse como un proceso particular del ser humano, que consiste en la combinación de sonidos y que implica la participación de varios sistemas diferenciados que interpretan estos sonidos organizados y a éstos se les da un significado, por ejemplo, una emoción.

1.1.2 Procesamiento musical

El procesamiento musical se refiere a la entrada de información musical (p.e melodía) por un medio sensorial ya sea auditivo, visual (lectura de partituras), la interpretación de esta información y la salida (p.e tocar un instrumento, evocar emociones). Para poder conocer cómo se da el procesamiento musical es necesario tener una noción de los componentes más básicos de la música, para así poder comprender cómo éstos interactúan entre sí y son procesados en diferentes áreas cerebrales y sus conexiones.

Los elementos básicos de cualquier sonido son intensidad, altura, contorno, duración, timbre, ubicación espacial y reverberación, descritos en la tabla 1. El cerebro organiza esos atributos perceptuales básicos en conceptos de nivel más

elevado y entre ellos se incluyen el compás, la armonía y la melodía. Cuando se escucha música, se está percibiendo en realidad atributos o dimensiones múltiples (Levitin, 2007), que dependiendo de sus características se les atribuirá

Tabla 1 Elementos básicos del sonido

Altura o tono	Frecuencia que produce un cuerpo sonoro, es decir, la cantidad de ciclos de vibraciones por segundo. Es la sensación auditiva o atributo psicológico de los sonidos que los caracteriza como más agudos o más graves.
Intensidad	Es la fuerza con la que se produce un sonido, se presenta con la amplitud de la onda.
Duración ritmo	Tiempo en el que permanecen las vibraciones. Es la longitud de una nota o patrones de longitudes de un cierto grupo de ellas. Es el movimiento en el tiempo y sobre la estructura de éste.
Timbre	Cualidad que permite identificar diferentes instrumentos o voces, a pesar de que estén produciendo sonidos con la misma altura, duración e intensidad. Esto se debe a que el sonido es complejo pues a su vez se compone de sonidos simultáneos.
Ubicación	identificar el origen de un sonido detectado en dirección y distancia.
Reverberación	Ligera permanencia del sonido una vez que la fuente original ha dejado de emitirlo.

Los principales elementos de una composición musical y de los que posteriormente se explicarán las vías implicadas para su procesamiento, son el tono y el ritmo, de ellos, surgen conceptos como la melodía que es la sucesión organizada de notas de tono y duración específicas, enlazadas juntas en el tiempo para producir una expresión musical coherente. Por otro lado, la armonía es la combinación de notas que se emiten simultáneamente. El término armonía se emplea tanto en el sentido general de un conjunto de notas o sonidos que suenan al mismo tiempo, como en el de la sucesión de estos conjuntos de sonidos. La armonía sería el término contrapuesto al de melodía (en que los sonidos se emiten uno después de otro). En términos de la música occidental, la melodía es (junto con

el ritmo) el aspecto 'horizontal' de la música que avanza en el tiempo, mientras que la armonía es el aspecto 'vertical', el sonido simultáneo de tonos distintos.

También resulta necesario separar la percepción de la ejecución musical (Afifi et al. 2005). La percepción musical es un proceso psicológico en el que se integran las variables físicas del sonido con procesos como el aprendizaje, la memoria, la motivación y la emoción; enmarcado en un contexto estético y sociocultural determinado, que permite organizar e interpretar la información sensorial para darle significado (Morán, 2010). Mientras que la ejecución incluye lectura y escritura de partituras, interpretación en el instrumento, canto y dirección orquestal.

1.1.3 Modelos neuropsicológicos sobre el procesamiento de la información

Se había estudiado el procesamiento musical como el resultado de una arquitectura cognitiva de propósito general, es decir que se había considerado como una actividad inespecífica, sin embargo, actualmente al estudiarla se le debe considerar como una habilidad cognitiva única y evolutivamente distinta (Peretz et al, 2003). Al hablar de procesamiento musical se toman en cuenta teorías de las neurociencias, las cuales se enfocan a que el cerebro procesa de manera modular y las conexiones que existen entre estos módulos.

Al tomar el procesamiento de la música como algo diferente a las demás funciones cognitivas, y, tener una aproximación a su estudio, la teoría modular de Fodor (1983) y el modelo funcional de Luria (1970) y posteriormente complementando este modelo de factores Xomskaya (1972) en el área de la neuropsicología resultan importantes.

Modelo funcional

Este modelo propone que el cerebro se encuentra organizado de manera factorial, siendo un factor una tarea específica que aporta un componente a la función general (Luria, 1970). De esta forma, con el sustrato cerebral se debe relacionar el factor y no el proceso psicológico superior como tal. Siendo los factores

eslabones responsables de los sistemas funcionales que se encuentran en la base de las funciones psicológicas superiores (Luria, 1970).

Existen diferentes tipos de factores según Xomskaya (1972):

- Modalmente específicos: analizadores específicos p.ej. Auditivo, visual.
- Modalmente no específicos: Relacionados con estructuras profundas cerebrales no específicas
- Multimodales: Zonas terciarias. Interacción de diferentes sistemas analizadores
- Hemisféricos: Diferenciación hemisférica de los componentes de un proceso.
- Interhemisféricos: Trabajo concertado de los dos hemisferios cerebrales.
- Generales: determinados por la acción de los mecanismos generales del cerebro, circulación sanguínea y del líquido cerebral, procesos bioquímicos.

Modelo modular

Los módulos mentales tienen las siguientes propiedades características: rapidez de operación, automaticidad, especificidad de dominio, encapsulación informativa, especificidad neural e innato. Ninguna de estas propiedades es absolutamente necesaria para la atribución del término modular (Fodor, 1983), es importante considerar que un módulo puede estar compuesto por subsistemas de procesamiento más pequeños.

Decir que hay un módulo de procesamiento de música es entonces afirmar que hay un sistema de procesamiento de información mental cuya operación es específica para la música. Ese sistema puede contener módulos más pequeños cuyos dominios de procesamiento también pueden estar restringidos a aspectos particulares de la música. La posibilidad de que exista tal arquitectura cognitiva para el procesamiento de la música ha sido muy estudiada (Colheart, 1983 & Peretz, 1989).

Aunque se acepte que el cerebro humano tenga un módulo o procese de manera modular la música, se ha propuesto que este módulo carezca de la propiedad de la especificidad neural o la separabilidad neuroanatómica, ya que, por ejemplo, el sustrato neuronal para el procesamiento de la música podría

superponerse con el usado para procesar otros patrones complejos, como los sonidos del habla. En este caso, al existir algún tipo específico de daño cerebral se podrían afectar tanto habilidades musicales como el procesamiento auditivo fuera del dominio de la música.

Si, por otro lado, el supuesto módulo de música posee la propiedad de la especificidad neuronal, entonces se debería esperar encontrar personas en quienes el daño cerebral haya afectado selectivamente a las habilidades musicales, en cuanto a este último argumento se han encontrado muchas de esas personas, en las que, el daño cerebral pueda afectar únicamente el procesamiento musical o de manera más particular, un solo elemento de éste. Así, esta última idea de que la música posee un procesamiento único al de otras funciones cognitivas ha sido la más considerada.

El procesamiento musical engloba diversos dominios, además de tener que procesar diferentes claves tanto básicas (tono, ritmo) hay que procesar otras más globales (melodía, armonía y procesos emocionales) donde se conjuntan las otras y además son dependientes unas de otras. Se ha demostrado que es modular, ya que, en pacientes con daño cerebral específico, dependiendo de la localización se afectarán procesos básicos (discriminación de tono o ritmo) de manera diferencial que no permitirán el análisis de melodías o su reconocimiento, además de afectar la expresión, percepción, ejecución, lectura y escritura de la música. Esta dificultad o incapacidad puede ser en un solo proceso o bien afectar de forma conjunta. Estudiar a personas con daño cerebral, ha sido entonces una herramienta muy útil y en la que se basan para poder describir el proceso por el cual la música y sus elementos particulares son procesados, así como las áreas y sus conexiones que se involucran en ello.

Por lo que, para estudiar a la música como proceso independiente, se han realizado modelos explicativos de la entrada y salida de información que involucran áreas específicas del sistema nervioso.

1.1.4 Modelo de procesamiento musical de Peretz y Coltheart (2003)

Este modelo se basa en el estudio de pacientes con daño cerebral o déficits neurológicos, en él se muestra la arquitectura funcional propuesta para el procesamiento de la música, lo cual ayuda a avanzar en la investigación de los mecanismos neuronales del procesamiento de la música. La autora propone que, una anomalía podría interferir o dañar un componente específico del procesamiento o intervenir en el flujo de la información entre los componentes. El modelo postula varios módulos de procesamiento de la música, cada uno de los cuales está relacionado con una operación de procesamiento de información particular que contribuye al sistema en general.

Se hace referencia a dos vías principales de entrada de la información: existe la participación del sistema o ruta melódica a la que se le llamará “¿Cómo?”, la cual, incluye percepción de tonos y el intervalo que hay entre ellos: interpreta el flujo mediante tres componentes: contorno (variaciones en la dirección de altura), intervalo (distancia de alturas entre dos notas sucesivas) y escala (reconocimiento de la clave tonal en que la melodía está estructurada); y el sistema o ruta temporal “¿Cuándo? Que incluye la percepción del ritmo y la métrica, es decir, eventos acústicos que ocurren en intervalos regulares de tiempo, y que estructuran el pulso de una melodía (Toledo, 2015).

En conjunto ambos sistemas dan lugar al léxico musical. Se integra, asimismo, un componente mnésico encargado del reconocimiento de una melodía en función del repertorio provisto por experiencia previa (García et al. 2011).

En el modelo de Peretz también se sugiere que existen dos tipos de componentes: unos que son exclusivos de la música y otros que no están restringidos a sólo este tipo de información. Estos componentes se observan en la figura 1.

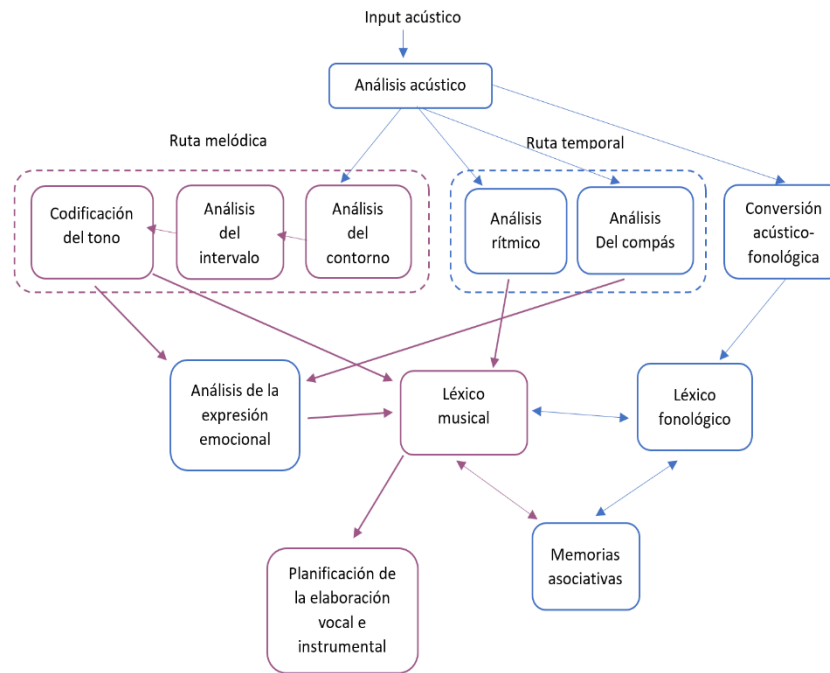


Figura 1 Modelo de procesamiento musical. Modificado de Peretz et al. (2003). Morado: componentes exclusivos de la música. Azul: Componentes mixtos, compartidos p.ej. con el lenguaje.

Esta información, se evocará de manera espontánea o como respuesta a un estímulo ambiental y se observará en diferentes modalidades:

- a. Activación de los léxicos fonológicos (entrada y salida) para la recuperación de melodías.
- b. Programación de fonología y articulación para iniciar un plan de programación vocal para el canto.
- c. Activación de funciones motoras para ejecución musical.
- d. Activación de memorias asociativas multimodales para la recuperación de material no-musical: Contexto y emociones.

Los estudios sobre estos aspectos pueden indicar que el procesamiento melódico y temporal de la música dependen de subsistemas separados y

relativamente independientes tanto en la percepción como en la producción, aunque esta cuestión aún necesita de más investigación.

1.1.5 Correlatos anatómicos del procesamiento musical.

Para estudiar los correlatos neuroanatómicos del procesamiento musical, ha sido de gran ayuda el estudio de pacientes con daño cerebral específico y técnicas de imagenología cerebral utilizando paradigmas musicales diversos; dependiendo de la localización del daño se afectarán procesos básicos (discriminación de tono o ritmo) de manera diferencial que no permitirán el análisis de melodías o su reconocimiento, además de afectar la expresión, percepción, ejecución, lectura y escritura de la música. Esta dificultad o incapacidad puede ser en un solo proceso o bien afectar de forma conjunta.

La música al ser una actividad cognitiva compleja implica casi todas las regiones del cerebro sobre las que se tienen conocimientos, y casi todo el subsistema neurológico (Levitin, 2007).

Lateralidad

En el contexto de la especificidad hemisférica es necesario separar al oyente y al profesional de la música. Si bien un oyente percibe la música en su contorno melódico total, el profesional la escucha como una relación entre elementos y símbolos musicales (lenguaje) (Afifi et al. 2005). Se ha asociado generalmente la participación del hemisferio derecho en el procesamiento musical, diversos estudios han reportado que este hemisferio se encarga del procesamiento global, se ha propuesto que una aproximación innata al fenómeno musical implica al hemisferio derecho (Kimura, 1964) , es decir de la percepción de melodía en sí; en cuanto al hemisferio izquierdo se ha descrito que participa en el procesamiento individualizado de cada componente musical y la relación entre estos elementos y símbolos musicales (componente analítico adicional) (Koelsch, 2005).

Tramo (2002) encuentra que en la discriminación tonal la corteza auditiva derecha tiene un mayor protagonismo, de igual manera, Peretz et al. estudiaron en el 2009 a pacientes a los que se les había practicado cirugía en el lóbulo temporal, algunos en el izquierdo y otros en el derecho, concluyendo que la melodía y el contorno melódico eran procesados en el hemisferio derecho, y que el hemisferio izquierdo estaba involucrado en procesar cada nota por separado que dibujan el contorno melódico y que parece ser que no hay lateralización para el procesamiento del ritmo. Sin embargo, Zatorre en 1988 encontró que pacientes con escisión en el lóbulo temporal izquierdo cometían significativamente más errores al identificar ritmos que aquellos con escisión en el temporal derecho, aunque aún no se ha establecido la mayor participación de un hemisferio en este componente. En el 2007 Zatorre y colaboradores encontraron que en el aprendizaje y la retención de melodías no familiares participa más el hemisferio derecho y que el reconocimiento de melodías familiares depende más del hemisferio izquierdo, este hallazgo lo confirma Peretz posteriormente en el 2009.

En otra investigación mediante estudio de caso, al anestesiarse el hemisferio izquierdo una paciente con epilepsia no era capaz de leer una partitura, pero al pasar la anestesia podía reconocer cual partitura le habían dado anteriormente, así la función de lectura musical se lateralizó en el hemisferio izquierdo, y su codificación y recuperación tuvieron lugar en el hemisferio derecho, el hemisferio derecho apoya la memoria episódica musical. Al anestesiarse el hemisferio derecho no pudo reconocer una melodía que antes había dicho que era familiar para ella, pudo leer una partitura, pero no la pudo cantar. En cuanto al tempo, se concluyó que requiere una contribución interhemisférica, como lo corroboran Ma, et al. (2012) quienes encontraron efectos principales del tempo en los sitios de electrodos frontal, temporal y parietal sobre todo en el hemisferio izquierdo. Concluyendo que existe una especialización hemisférica para ciertos componentes del procesamiento musical y que éstos pueden tener una correspondencia con los procesos de lenguaje por ejemplo en con lectura y prosodia y con la memoria verbal, visual (Pozo, et al., 2013).

Así mismo Stewart et al. (2001) encontraron que la estimulación magnética transcortical del lóbulo temporal izquierdo bloquea temporalmente el lenguaje, pero no el canto, en su mayoría, los pacientes con afasia de Broca pueden articular el canto perfectamente. Confavreux, (1992) reportó un caso raro de demencia frontotemporal con afectación inicial del hemisferio derecho, en el cual se documentó amusia y aprosodia, con conservación de lenguaje, lo cual se puede comparar con los casos comunes de afasia progresiva primaria en donde se afecta principalmente el lenguaje.

Por otro lado, Platel (2015), menciona que el timbre se procesa y percibe fundamentalmente en el hemisferio derecho, la melodía en ambos hemisferios y el ritmo y los elementos secuenciales atañen al hemisferio izquierdo, según se ha demostrado con estudios de PET.

En conclusión, el procesamiento musical, es una actividad que involucra la participación de ambos hemisferios cerebrales, siendo según las investigaciones, el hemisferio izquierdo el que participa en el análisis de los componentes individuales y el hemisferio derecho la música de manera global.

Áreas involucradas

Diversas áreas cerebrales participan de manera conjunta tanto para la percepción de la música (vía melódica y temporal) como para la salida de la información (figura 2).

La recepción del sonido inicia en el órgano de Corti y los sonidos percuten en la membrana timpánica. En la cóclea se detecta el cambio de presión causando movimientos en el fluido de esta estructura provocando que los cilios se muevan dependiendo de la frecuencia del sonido. El núcleo geniculado medial es el relevo de esta información y la envía a la corteza auditiva primaria la cual tiene una representación tonotópica (Carlson, 2006).

Al hablar del procesamiento central de la audición se observa que en cuanto a la vía melódica, la información viaja a través del tallo cerebral y el mesencéfalo

hasta llegar al a la corteza auditiva (Izquierdo, 2009), se procesa en la corteza auditiva en las áreas 41 y 42, se incluye la parte media del giro temporal superior y la corteza auditiva secundaria área 22 de Brodmann, la cual se ha visto que es su parte más anterior la que está involucrada en este procesamiento musical, además, para este procesamiento tonal se requiere de conexiones fronto-temporales (Peretz et al. 2007).

En lo que se refiere a la vía temporal se propone que la información es procesada no solo por la corteza auditiva, sino que hay una interacción con ganglios basales, cerebelo, corteza premotora dorsal y el área motora suplementaria, se ha visto que estas estructuras también participan en la interpretación musical, es decir, en la ejecución en un instrumento, en esta se incluye también la corteza prefrontal (Soria, 2011).

Además, para la organización espacial para poder tocar un instrumento se ven involucradas áreas parietales. En lo que se refiere al procesamiento sintáctico musical, se ve activada el área de Broca y su homóloga derecha, tal como en el lenguaje, aun así, existen casos de amusia adquirida o congénita en los que no existe ningún tipo de alteración en el lenguaje, y casos de personas afásicas en las que no hay ningún tipo de alteración musical (Patel, 2003).

Ya mencionada la percepción del estímulo musical y las vías involucradas, es importante señalar que la salida de esta información se puede dar de distintas formas pues la música no solo se percibe, sino que también evoca una o varias respuestas lo que hace a esta actividad algo complejo que involucra diferentes procesos tanto musicales como no musicales de manera simultánea. Las respuestas que pueden darse son la activación de los léxicos fonológicos (entrada y salida) para la recuperación de melodías, programación de fonología y articulación para iniciar un plan de programación vocal para el canto, la activación de funciones motoras para la ejecución musical, la activación de memorias asociativas multimodales para la recuperación de material no-musical: Contexto y emociones. Por otro lado, además de la percepción musical auditiva y la ejecución instrumental, se encuentra la lectura y escritura de partituras.

Al existir diferentes vías para la percepción musical y distintas formas de salida de esta información en la que participan de manera específica áreas cerebrales, múltiples estudios generalmente mediante técnicas de imagenología han encontrado que mediante la práctica musical se generan cambios plásticos en las áreas involucradas que pueden ser identificados tanto por cambios estructurales como cognitivos o funcionales.

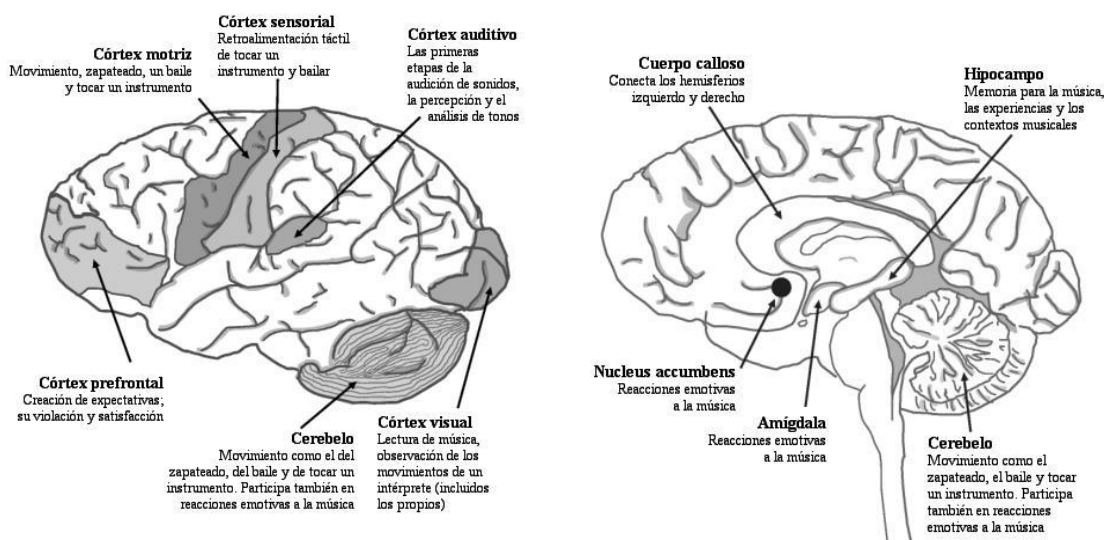


Figura 2 Participación de diferentes estructuras en la percepción y ejecución musical. Tomada de: Levitin (2006).

1.2 MÚSICA Y PLASTICIDAD

En el capítulo anterior se explicaron las vías y estructuras implicadas en el procesamiento musical, tanto en la entrada como en la salida de información. Al ser la ejecución musical una actividad cognitiva compleja que involucra la mayor parte del cerebro y que requiere de gran tiempo de práctica se ha tomado como una actividad importante en el estudio de como el cerebro puede moldearse tanto estructural como funcionalmente, estos cambios se revisarán en este capítulo, así como las variables involucradas para que sucedan estos.

1.2.1 *La música como un modelo de plasticidad.*

La plasticidad es un fenómeno constante, y, aunque los cerebros sean similares desde el punto de vista anatómico, en los planos fisiológico y bioquímico, la conducta del ser humano difiere de una persona a otra. Esta diferencia conductual refleja la capacidad del cerebro para adaptarse al ambiente (Afifi, et al. 2006). Es un fenómeno muy estudiado en diferentes actividades que requieren de experiencia (Kleim, et al. 2008).

El término plasticidad se puede aplicar a gran cantidad de sucesos, como la recuperación funcional tras una lesión, la neurogénesis en adultos, la reorganización de mapas corticales en función de las distintas experiencias sensoriales y los cambios sinápticos asociados al aprendizaje. Todos estos fenómenos suponen una modificación de la respuesta neuronal, pero no todos implican un cambio persistente en las propiedades funcionales de las neuronas. Para que un cambio se considere una manifestación de plasticidad funcional debe expresar algún tipo de mecanismo o proceso activo de readaptación frente a las condiciones cambiantes del medio (Calford, 2002).

Para estudiar la plasticidad relacionada con la experiencia humana, se necesitan modelos y paradigmas adecuados (Bezzola et al., 2011). Uno de esos modelos de plasticidad cortical que ha ganado un interés creciente es la formación musical (Münste, et al. 2002; Jäncke, et al. 2009; Wan, et al. 2010), esto se debe a que existen diferentes vías para la percepción musical y distintas formas de salida

de esta información en la que participan de manera específica áreas cerebrales y sus conexiones (Brown, et al. 2015); los músicos deben practicar durante muchos años de manera repetitiva e intensa para alcanzar un alto nivel de experiencia, un número cada vez mayor de estudios proporcionan evidencia experimental clara de los efectos de este tipo de entrenamiento (Herholz, et al. 2012).

Múltiples estudios, generalmente mediante técnicas de imagenología han encontrado que con la práctica musical se generan cambios plásticos que pueden ser identificados tanto por cambios estructurales como cognitivos o funcionales.

La producción de música es una tarea que requiere movimientos motores finamente afinados, habilidades sensoriales muy desarrolladas (en modalidades auditivas, visuales, táctiles y cinestésicas) y la integración de la información motora y sensorial para monitorear y corregir el desempeño mediante funciones atencionales (Dawn, et al. 2011), del mismo modo, Herholz, et al. (2012), mencionan que ejecutar música implica sistemas sensoriales y al sistema motor, con un control muy fino que es diferente al de otras actividades cotidianas, y que además, tiene gran demanda en una amplia variedad de procesos cognitivos de orden superior; esta complejidad, aunque hace difícil el estudio de los cambios cerebrales, brinda una gran oportunidad para estudiar cómo los sistemas sensorio-motores interactúan con la cognición y cómo los diferentes tipos de entrenamiento influyen en estas interacciones.

Algunos aspectos de la música que podrían aportar un conocimiento particular, a cerca de los fenómenos plásticos, son la naturaleza multimodal de su entrenamiento, efectos plásticos en diferentes momentos de tiempo, el papel de las diferencias individuales para el éxito del entrenamiento, y cómo la plasticidad relacionada con el entrenamiento cambia a lo largo de la vida, también se podría incluir el potencial que pueda tener la música en un contexto clínico (Herholz, et al. 2012).

Estudios de neuroimagen sugieren que la plasticidad depende en gran medida de una mayor experiencia, por ejemplo, la escucha repetida de estímulos musicales, o la práctica constante de un instrumento. Mediante estas técnicas,

donde los participantes realizan tareas con estímulos musicales para medir nivel de actividad, o bien donde no se realiza ninguna tarea o paradigma y se mide el volumen de las áreas de interés. Ejemplos de estos hallazgos se describen a continuación.

1.2.2 Implicaciones estructurales y funcionales

Cambios en sustancia gris y blanca

La mayoría de este tipo de estudios se han enfocado en los cambios estructurales (morfología, volumen y conectividad), sin que esto implique una relación con beneficios funcionales cognitivos. Los hallazgos han descrito diferencias entre músicos y no músicos, principalmente en áreas frontales y temporales, encontrando mayor proporción de materia gris y conexiones (Dawn, et al. 2011); aunque algunos otros también han encontrado en el resto del cerebro, pero estos resultados han sido más inconsistentes.

En cuanto a la materia gris, como se observa en la figura 2, se han encontrado diferencias principalmente en la corteza prefrontal dorsolateral, polo frontal, giro frontal inferior, área motora suplementaria, área motora y área somatosensorial primarias, giro de Heschl, plano temporal, giro temporal medio, giro temporal inferior, región anterior superior del lóbulo parietal, fisura calcarina, giro lingual, la corteza del cíngulo, las cuales, como se describió en el capítulo anterior (Bermudez, et al. 2009), son áreas implicadas tanto en la entrada como en la salida de la información del procesamiento musical.

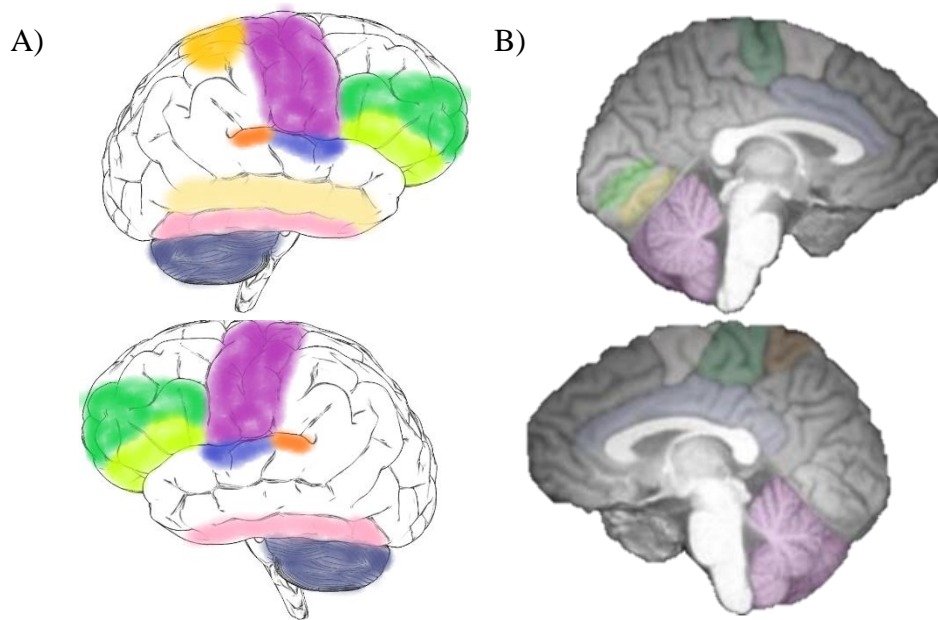


Figura 3. Áreas en las que diversos estudios han encontrado diferencias estructurales entre músicos y no músicos. A) Vistas laterales del cerebro, que muestran las diferencias en la materia gris; se pueden observar, en ambos hemisferios, la corteza prefrontal dorsolateral, polo frontal, giro frontal inferior, corteza motora suplementaria, corteza motora y sensorial primarias, giro de Heschl, plano temporal, giro temporal inferior, cerebelo y solo en el hemisferio derecho el giro temporal medio y la región parietal anterior superior. B) Vistas mediales del cerebro: se observan además el giro lingual y la fisura calcarina. Modificada de Dawn et al. 2011)

Al hablar de los hallazgos de las diferencias en la materia blanca se ha propuesto que el cuerpo calloso es en donde se encuentran más y consistentes diferencias entre músicos y no músicos (Schlaug, et al. 1995); algunos otros estudios han encontrado diferencias en el fascículo longitudinal inferior, así como en el tracto corticoespinal. (Lin, et al. 2002).

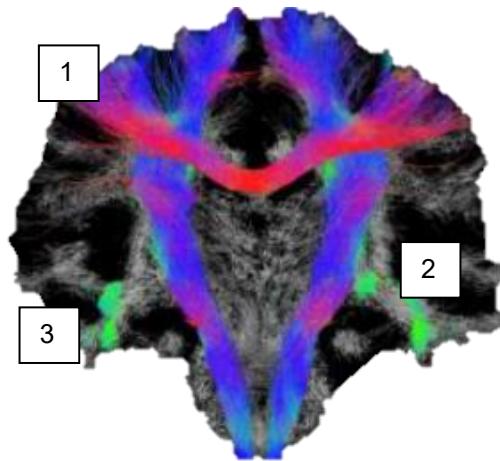


Figura 3.1 Tractos cerebrales que se ven modificados por la práctica musical.
1) Fibras del cuerpo calloso. 2) Fascículo longitudinal inferior. 3) Tracto corticoespinal.
(Modificada de Dawn, et al. 2011).

Implicaciones funcionales

Con todos estos estudios se ha demostrado que los músicos entrenados presentan algunas peculiaridades: a) En cuanto a la lateralidad, utilizan más el hemisferio izquierdo, el cual cumple la función de un analizador adicional, pero también hay una indudable implicación del hemisferio derecho para la percepción global de la música; b) activan menos superficie cortical para realizar un determinado paradigma, esta actividad se mantiene estable aun cuando aumenta la complejidad de la tarea, es decir, se utilizan menos recursos neuronales (Meister, et al. 2005 y c) la porción anterior de su cuerpo calloso y su cerebelo tienen mayor tamaño. A partir de estas observaciones se han realizado paradigmas para observar cambios funcionales.

Los métodos de neuroimagen funcional, como resonancia magnética funcional, tomografía por emisión de positrones, potenciales evocados, han demostrado un mejor procesamiento de la información, una activación cerebral más eficiente, y una mayor integración a través de diferentes modalidades en los músicos (Dawn, et al. 2011). Estas diferencias se han encontrado principalmente en tareas motoras y perceptuales auditivas, las cuales se resumen en la tabla 1.

Tabla 2. Hallazgos principales de las diferencias funcionales entre músicos y no músicos.

Audición	<ul style="list-style-type: none">- Menos latencia de respuestas.- Discriminación de sonido.- Escucha dicótica.- Memoria y reconocimiento de tonos.- Consonancia/disonancia. <p>(Zatorre, et al. 1979 ; Lim, et al. 2001 ; Schön et al., 2005)</p>
Sensorio-motor	<ul style="list-style-type: none">- Respuestas más fuertes ante la estimulación en los dedos de la mano izquierda.- Diferenciación de ritmo.- Tareas de golpeteo.- Coordinación motora bimanual.- Actividad motora involuntaria cuando escuchan música ensayada. <p>(Jancke et al. 2000 ; Vuust et al., 2005; Limb, et al. 2006, (Baumann et al., 2007).</p>

1.2.3 Variables que intervienen en la plasticidad.

Los cerebros de músicos y no músicos parecen tener diferencias en la morfología, la densidad, la conectividad y la actividad funcional en una variedad de regiones y estructuras cerebrales.

Sin embargo, resulta evidente que hay una serie de hallazgos contradictorios (Merret, et al. 2011) o heterogéneos sobre estos cambios plásticos asociados al entrenamiento musical. Aunque cada uno de los estudios suelen mostrar diferencias entre músicos y no músicos, la naturaleza y ubicación de estas varían entre estos; este tipo de discrepancias se discute rara vez, debido a la necesidad de establecer la mera existencia de plasticidad inducida por la música. Resulta necesario para discutir estas discrepancias tomar en cuenta distintas variables importantes que pueden influir en cuándo, dónde y cómo ocurre este fenómeno.

La mayoría de los estudios acerca de la cognición musical y los cambios asociados a esta, no suelen tomar en cuenta el mismo tipo de variables, por lo que puede ser una causa de que los resultados no concuerden. Algunos autores se han preocupado por estudiar estas diferentes variables y entre las más importantes que se han discutido son la edad de inicio, tiempo de práctica y el sexo, algunas otras menos comunes como el tipo de instrumento o de música, así como el talento innato, también se han propuesto.

En cuanto al tiempo de práctica, se ha tenido la hipótesis de que los cambios son más posibles si se practica más tiempo y de manera diaria sin interrupciones largas. Por otro lado, se sabe que el cerebro presenta diferencias anatómicas y funcionales dependiendo del sexo, por ejemplo, la simetría y especialización hemisférica. Se sabe que los instrumentos musicales tienen requerimientos distintos (Pantev, et al, 2001), como el tipo de movimiento de brazos, manos y boca, diferentes timbres, y que esto podría influir en los cambios plásticos, de igual forma los diferentes tipos de música varían en su complejidad para interpretarla. Se habla también de diferencias individuales, genéticas como el talento innato, estas propuestas provienen de los estudios gemelos que muestran la propensión a la práctica y al éxito en la carrera musical (Mosing et al., 2014). También se mencionan las contribuciones de las variables cognitivas y de personalidad en el entrenamiento musical (Corrigall, et al., 2013).

Por otra parte, la edad de inicio ha sido un importante marcador, según diversos estudios para cambios principalmente estructurales en áreas motoras y sensoriales; sin embargo, aunque en menor cantidad que en las otras variables, estudios funcionales con esta variable han sido distintos.

Edad de inicio

Como todo desarrollo, el musical es un proceso de cambios (Miranda, 2013) que si bien se pueden identificar etapas definidas (Sloboda, et al. 1985), también puede considerarse como un continuo a lo largo de la vida (Trainor, et al., 2005). De cualquier forma, estos cambios implican el desarrollo de habilidades cognitivas más allá del ámbito música incluso en etapas avanzadas de la vida.

La naturaleza multifacética de la música, y la combinación de aprendizaje general y específico del sistema musical, complica el análisis de los períodos críticos para su desarrollo. Al mismo tiempo, existe evidencia de que, para algunas habilidades necesarias para la práctica musical, la experiencia temprana tiene efectos diferentes a los de la misma práctica en un momento posterior. (Trainor, et al., 2005).

A pesar de que en la actualidad se ha demostrado que el cerebro puede modificarse por diferentes experiencias, ya sea, por ejemplo, por un traumatismo craneoencefálico o cualquier otro tipo padecimiento que afecte al sistema nervioso, o bien una actividad enriquecedora a lo largo de toda la vida, es importante seguir tomando en cuenta que existen periodos críticos para que estos se lleven a cabo. Un período crítico o sensible es un tiempo limitado durante el desarrollo donde la experiencia específica puede contribuir a cambios duraderos en el cerebro (Bischof, et al. 2007). Donde estos cambios serán de mayor magnitud y duración, así, aunque el aprendizaje a lo largo de la vida es posible, la plasticidad neuronal durante un período crítico resulta máxima, facilitando la adaptación del cerebro en desarrollo a su medio ambiente y proporcionándole una experiencia basal estable (Villers, et al. 2007).

Las experiencias a edad temprana tienen un impacto muy importante y duradero sobre la percepción del cerebro adulto (Izquierdo, et al. 2009).

La edad de inicio en la práctica musical resulta una variable muy importante, ya que se ha demostrado que tanto sistemas sensoriales, por ejemplo, auditivo y táctil, los cuales forman parte de la vía de entrada o recepción de la información en la música, así como las vías motoras para la ejecución musical tienen su mayor desarrollo en la primera infancia (Gómez, et al. 2003), reportando edades desde el nacimiento hasta los siete años, y, que al ser las vías sensoriales la entrada de información son indispensables para el desarrollo de los procesos cognitivos superiores que aunque se desarrollan de manera paralela a las áreas primarias sensoriales y motoras (Rosselli, et al. 2003), tienen su mayor desarrollo en la adolescencia. La mielinización comienza a ocurrir en muchas regiones,

especialmente en las vías sensitivas y motrices primarias (Kinney, et al. 1988; Hasegawa, et al. 1992). Posteriormente, la mielinización sigue un patrón general de las regiones sensoriales antes de las motoras, áreas asociativas, mostrando un patrón de desarrollo de áreas posteriores a anteriores (Shaw, et al. 2008). Este desarrollo es coordinado y las diferentes áreas dependerán de otras y sus redes.

Se ha mencionado que las relaciones estructura-función cognitiva en la primera infancia dependen de la edad (Fjell, et al. 2012), por lo que es de gran importancia tomar en cuenta este marcador al hablar de cambios asociados con tipos de actividades que requieren práctica.

Propiamente en la música, el entrenamiento temprano influye en el desarrollo estructural, especialmente en las cortezas auditiva y motora (Rosenkranz et al., 2007; Hyde et al., 2009). Se ha investigado los cambios estructurales en músicos que iniciaron la práctica antes de los siete años, tomando en cuenta las teorías del periodo crítico de la primera infancia. Por ejemplo, en cuanto a cambios estructurales Schlaug, et al. (1995) mencionan que la porción anterior del cuerpo calloso solo resultó mayor en músicos que cumplían con el inicio temprano de la práctica. Li et al. (2010) reportan que efectos específicos de la práctica musical en áreas sensoriomotoras y vías piramidales se han correlacionado con la edad del comienzo del entrenamiento. Por su parte, al referirse a cambios funcionales, Watanabe et al. (2007) hacen referencia a que cuando se tienen en cuenta los años totales de estudio, los músicos con formación temprana superan a los músicos formados posteriormente en tareas motoras. De la misma manera, Penthune et al. (2011) mediante neuroimagen y tareas musicales muestran que los músicos que comenzaron a entrenarse temprano muestran un mejor desempeño de tareas de reconocimiento de tonos y motoras; asimismo, Koelsch et al. (2003) al igual que Martin et al. (2007), encontraron que potenciales evocados auditivos son diferentes si se toma en cuenta esta variable.

Merret et al. (2012), proponen que la formación antes de los siete años de edad se ha convertido en un marcador y que los músicos que comienzan a esa edad pueden mostrar cambios neuroplásticos más importantes que aquellos que toman

un instrumento en la infancia tardía y en la edad adulta. Aunque este tipo de correlaciones no se han encontrado de forma consistente en todas las regiones del cerebro relacionadas con las funciones motoras o sensoriales que se sabe están influenciadas o participan en la práctica musical, en cuanto al dominio auditivo los resultados han sido mixtos (Merret et al. 2009).

Se puede concluir, entonces, que la formación musical que comenzó antes de los siete años de edad es una variable importante. Los músicos que comienzan a entrenarse antes de esta edad pueden demostrar una mayor capacidad para los cambios neuroplásticos que aquellos que toman un instrumento más tarde en la niñez o en la edad adulta. Sin embargo, cabe señalar que estos tipos de correlaciones no se han encontrado consistentemente en todas las regiones que se sabe están influenciadas por el entrenamiento musical (Merret, et al. 2013).

Con estos antecedentes sobre los cambios estructurales y funcionales de las áreas involucradas que han resultado congruentes entre la mayoría de ellos, se sugiere que la práctica y percepción musical llevan a un estado de plasticidad cerebral donde las estructuras y la lateralidad se ven modificadas, pudiéndose reflejar en cambios funcionales y que, por tanto, procesos cognitivos no musicales pueden verse también modificados al realizar este tipo de prácticas de manera continuada.

Es así como, el estudio de la música como fenómeno neuropsicológico ha cobrado relevancia, pues provee información valiosa con respecto a una gran variedad de procesos cognitivos. En el siguiente capítulo se discutirá como es que la práctica musical podría incidir en estas funciones cognitivas.

1.3 NEUROPSICOLOGÍA Y MÚSICA

En el apartado anterior se revisó como la música involucra la participación diferentes procesos y áreas cerebrales para poderla analizar e interpretar, por lo que ahora existe un creciente interés en conocer las posibles relaciones del procesamiento musical con otros dominios cognitivos que no involucren necesariamente estímulos musicales, sugiriendo que el procesamiento de la música

interactúa con esas otras funciones provocando efectos de transferencia, pudiendo estas funciones cognitivas modificarse o mejorar mediante la práctica musical. Se ha debatido acerca de si los efectos del entrenamiento musical se limitan exclusivamente al dominio de las habilidades musicales, pues se ha argumentado que tal entrenamiento es específico del dominio (Peretz et al., 2003) y que hay un módulo para la cognición musical en el cerebro (Zatorre, et al., 2001), sin embargo, se sabe que estos módulos pueden interactuar con otros.

El estudio de la música como fenómeno neuropsicológico provee información valiosa con respecto a una gran variedad de procesos cognitivos de tipo atencional, mnémico, psicomotor, lingüístico y de respuesta emocional (Koreschl, 2011) y procesamiento visoespacial y funciones ejecutivas (Casares et al. 2013) así como de las estructuras cerebrales asociadas a ello.

Miendlarzewska (2014) menciona que las habilidades en torno a la práctica musical pueden dividirse en dos. Las habilidades necesarias para el aprendizaje musical, como la escucha o auditivas, habilidades motoras finas, y el procesamiento temporal, la cuales pueden o no estar más desarrolladas antes de iniciar el entrenamiento; mientras que las habilidades cognitivas no musicales pueden desarrollarse de manera más eficaz a partir de este entrenamiento, estas incluyen, según la investigadora, el CI general, memoria verbal, lectura, funciones ejecutivas, así como habilidades sociales. Este último tipo de habilidades o funciones que no incluyen información de tipo musical se analizarán en este capítulo.

Patel (2011) desarrolló una hipótesis para explicar cómo el entrenamiento musical puede beneficiar la codificación neural del lenguaje principalmente, pero se ha tomado para explicar el funcionamiento cognitivo en general. Él propone las siguientes condiciones: Superposición: Hay una superposición anatómica de las redes y áreas que procesan los diferentes componentes de la música y las funciones cognitivas; precisión: En estas redes compartidas, la música demanda una mayor precisión en el procesamiento; emoción: Las actividades musicales que ocupan estas redes provocan emoción positiva; repetición: estas actividades son

frecuentemente repetidas y atención: estas actividades requieren de atención focalizada.

Dadas estas asociaciones, el entrenamiento musical puede tener un efecto en el funcionamiento del cerebro y el comportamiento humano. Sin embargo, dichas suposiciones requieren de más investigación.

En este capítulo se revisarán desde la neuropsicología los conceptos funciones cognitivas (atención, memoria y funciones ejecutivas) y los hallazgos sobre el funcionamiento cognitivo del músico.

1.3.1 Neuropsicología

La neuropsicología estudia las bases neurales de los procesos psicológicos y de las funciones cognitivas, es decir, cómo operan estos y la relación que tienen con los sistemas y estructuras cerebrales (Stirling et al. 2002); estos estudios se han realizado mediante baterías y pruebas, técnicas de imagen y métodos experimentales principalmente (Webbe, et al. 2008).

Las baterías neuropsicológicas son una herramienta principal que caracteriza a esta rama de las neurociencias y son de suma importancia para poder estudiar estos procesos, ya que aportan información tanto cuantitativa como cualitativa de manera específica de cada proceso cognitivo y de su relación con los demás. Son de utilidad tanto para el diagnóstico como para la investigación en población con algún padecimiento y/o población sana. En este caso, estas pruebas junto con los demás métodos han ayudado a estudiar cambios plásticos funcionales de los procesos cognitivos en poblaciones específicas como los músicos profesionales.

Desde la neuropsicología, las funciones cognitivas se pueden definir como el conjunto de procesos mediante los cuales la información sensorial entrante es transformada, reducida, elaborada, almacenada y utilizada (Neisser, 1967). Aunque hay varios modelos para estudiar cada función cognitiva y su interacción con otras, se ha tratado de dar una definición general para cada una de ellas y así facilitar su estudio.

La atención y la memoria se han considerado como dos funciones cognitivas que son la base de funciones más complejas, su funcionamiento y posibles modificaciones, han sido estudiadas con anterioridad en población sana que practica diferentes actividades que se han considerado como facilitadoras de la plasticidad funcional y de la reserva cognitiva.

1.3.2 Funciones cognitivas

El desarrollo de las funciones cognitivas es un continuo a lo largo de la vida, sin embargo, se considera que durante la infancia se producen cambios evolutivos de gran importancia, encontrándose un proceso de desarrollo expansivo muy fluido, lo que no sucede en el adulto, ya que éste tiene más consolidada su estructura cerebral y sus conexiones. El efecto que pueda tener la experiencia o práctica de alguna actividad sobre los procesos cognitivos variará dependiendo del momento en que haya iniciado (Portellano, 2007). La secuencia en la cual madura la corteza concuerda con el desarrollo cognitivo. Las áreas asociadas con funciones básicas maduran primero. Áreas motoras y sensoriales. Seguidas por las que implican orientación espacial, lenguaje y atención y posteriormente las relacionadas con funciones ejecutivas, atención y coordinación (Gogtay, 2004).

Atención

La atención es el mecanismo de acceso para llevar a cabo cualquier actividad mental, antes de la cognición, y funciona como un sistema de filtro capaz de seleccionar, priorizar, procesar y supervisar la información, esto es debido a la capacidad limitada de procesamiento (Banich, 1997 & Portellano, et al. 2013). Sirve tanto para reducir como para incrementar el procesamiento de cierta información tanto externa como interna en el cerebro, ajustándolo a la capacidad disponible (Ostrosky et al. 2012). Las características que definen la atención se describen en la tabla 2.

Tabla 3. Características que definen el proceso de la atención.

<i>Características</i>	
Sistema neural complejo	<ul style="list-style-type: none">- Participan distintas estructuras del encéfalo, que interactúan de forma armónica y coordinada para llevar a cabo las distintas modalidades de atención.- La complejidad de la atención implica la interactividad permanente entre muy diversas estructuras neuroanatómicas, situadas en el tronco cerebral, el subcortex y la corteza cerebral de asociación.
Sistema multimodal	<ul style="list-style-type: none">- Múltiples subfunciones, desde las más pasivas, hasta las que exigen una mayor selectividad y esfuerzo cognitivo.- Incluye disponer de adecuados niveles de alerta, orientación, concentración, velocidad de procesamiento, motivación, dirección, selectividad y alternancia.
Filtro selectivo	<ul style="list-style-type: none">- Qué estímulos son más relevantes, dándoles prioridad y focalizando la actividad para su posterior procesamiento
Sistema jerárquico	<ul style="list-style-type: none">- Las distintas modalidades de atención constituyen un sistema jerárquico formado por redes.- Procesos atencionales pasivos e involuntarios: Áreas más profundas del encéfalo (tronco cerebral, subcortex, tálamo).- Procesos atencionales con mayor peso cognitivo: Dependen más de la corteza cerebral.
Sistema dinámico	<ul style="list-style-type: none">- Modula la intensidad en función de las necesidades.

La atención abarca un amplio espectro, ya que participa en los procesos más pasivos e involuntarios como la respuesta de orientación y también lo hace en la gestión de tareas complejas. Las distintas modalidades de atención se articulan en dos niveles: atención pasiva y atención activa (Portellano, 2013). Las principales características de las modalidades de la atención se presentan en la tabla 3.

Tabla 4. Modalidades de la atención. Tomado de: Portellano, 2013.

<i>Modalidad</i>	<i>Características</i>
Pasiva	<ul style="list-style-type: none"> - Modalidad inespecífica e involuntaria - Permite mantener el encendido necesario del sistema nervioso para facilitar la realización de actividades voluntarias. - Incluye el estado de alerta (alerta tónica y fásica) y la orientación.
Focalizada	<ul style="list-style-type: none"> - Respuesta diferenciada a estímulos sensoriales específicos. - Permite el procesamiento de determinados estímulos, mientras se ignoran los irrelevantes.
Sostenida	<ul style="list-style-type: none"> - Emitir y mantener una respuesta ante un determinado patrón de estímulos, durante un determinado periodo de tiempo.
Selectiva	<ul style="list-style-type: none"> - Mantener una respuesta ante un estímulo, a pesar de la presencia de varios estímulos distractores.
Alternante	<ul style="list-style-type: none"> - Responder simultáneamente a múltiples demandas, cambiando el foco de atención desde un estímulo a otro, y desplazándolo entre varias tareas que exigen distinta respuesta cognitiva, pero ejerciendo un control para que la información se atienda de manera eficiente.
Dividida	<ul style="list-style-type: none"> - Responder simultáneamente a diferentes estímulos y tareas o a demandas diferentes durante la realización de una misma tarea.

Bases neuroanatómicas

Como ya se ha mencionado, la atención es una función multimodal que requiere de la interacción de varias áreas del sistema nervioso. El procesamiento inicia en el tronco cerebral y finaliza en el córtex asociativo, adquiriendo un mayor protagonismo el hemisferio derecho. Las modalidades más básicas e involuntarias de atención dependen de la actividad de las áreas más basales del encéfalo, mientras que a medida que la actividad atencional adquiere un mayor protagonismo como actividad voluntaria y propositiva, son las áreas corticales de asociación las que se implican más activamente (Portellano, 2013).

Estructuras subcorticales

En las estructuras subcorticales se encuentra en primer lugar la formación reticular (Figura 4), la cual, es un conjunto de pequeñas estructuras situadas en el tronco cerebral y en el tálamo, que proporciona el estado de alerta o el nivel mínimo de activación necesaria que facilita el inicio de cualquier proceso perceptivo, motor y/o cognitivo. Resulta crucial para iniciar los procesos atencionales, ya que guarda relación con los procesos de atención pasiva e involuntaria. (García de la Rocha, 2007); en cuanto al tálamo (Figura 4) que está situado en la zona central del cerebro, constituye el paso para la mayoría de las aferencias y

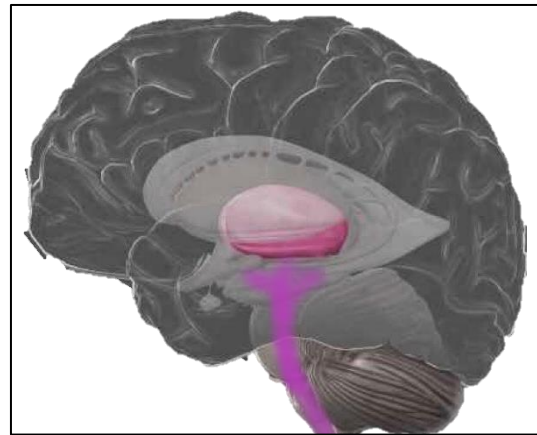


Figura 4. Formación reticular y tálamo.

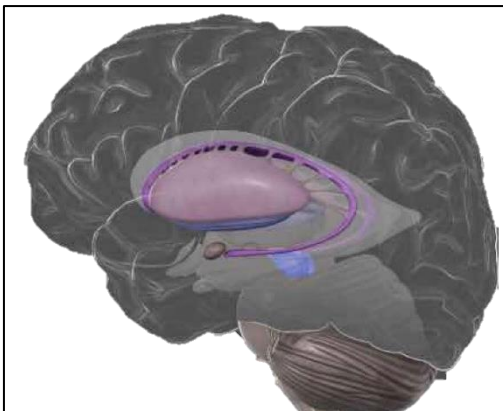


Figura 4.1 Ganglios basales

eferencias cerebrales. Interconecta la corteza cerebral con el resto de las estructuras del sistema nervioso, discriminando los estímulos dirigiéndolos hacia los canales perceptivos apropiados y regulando cuál debe ser su intensidad de flujo. La atención depende en gran medida del tálamo, ya que al igual que

el tronco cerebral, también contiene núcleos de la formación reticular que modulan la pertinencia e intensidad de los procesos atencionales (Portellano, 2013); por su parte, los ganglios basales (Figura 4.1), especialmente el putamen y el caudado transmiten información a la corteza que permite el procesamiento selectivo y focalizado de la atención, además de que sus conexiones con el sistema límbico permitiendo que los procesos emocionales se integren con los atencionales; el cíngulo (figura 4.2) tiene como principal función la regulación de la

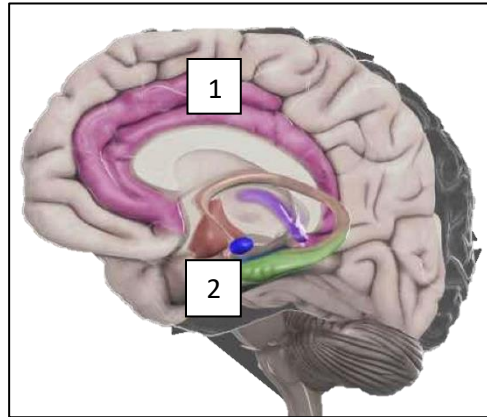


Figura 4.2 1) Cíngulo y 2) sistema límbico (Modificado de: 3D Brain)

atención, la información de las estructuras precedentes pasa al cíngulo y de ahí a la corteza, su parte anterior participa en la fluidez atencional, participa en las tareas que requieren cambio atencional su actividad es necesaria para un eficaz funcionamiento de los lóbulos frontales y parietales; finalmente el sistema límbico (figura 4.2) dota la valencia emocional a los estímulos y se relaciona con las conductas de detección, exploración y búsqueda. Se asocia más activamente con las funciones de habituación e inhibición atencional (Portellano, 2013).

Estructuras corticales

Los cuatro lóbulos del neocórtex cerebral ejercen competencias básicas en la regulación de la atención voluntaria. Sin embargo, son los lóbulos parietales y frontales los que más relevancia tienen en la regulación de buena parte de los procesos de atención pasiva y de manera especial, en el control de las distintas modalidades de atención voluntaria.

El lóbulo parietal proporciona un mapa interno del mundo exterior y es el responsable del cambio del foco atencional, así como el mantenimiento de la atención. La atención dirigida hacia el campo visual izquierdo activa más intensamente la corteza parietal derecha, mientras que la atención dirigida al campo

visual derecho activa tanto el hemisferio izquierdo como el derecho. Existe, por tanto, una asimetría atencional en el lóbulo parietal, que confiere mayor importancia al hemisferio derecho. El lóbulo frontal constituye el final de trayecto de todos los procesos de atención voluntaria y es quien dota del mayor significado cognitivo a la atención. La corteza frontal dispone de los planos que contienen las secuencias motoras que son necesarias para moverse entre los objetos percibidos, controla la atención focalizada y sostenida, se activa de manera más intensa cuando los estímulos son novedosos o requieren de un estado de atención mayor, facilita la actividad del sistema ejecutivo, regula las actividades que requieren planificación, flexibilidad y control inhibitorio, participando en la gestión de la atención dividida y alternante y controla los movimientos sacádicos oculares a través de los campos visuales, facilitando así la eficiente realización de tareas de atención visual sostenida (Portellano, 2013).

Atención en los músicos

Necesariamente los músicos implementan en su práctica diversos tipos de atención, es importante, por ejemplo, sostener la atención durante las horas de ensayo, debe estar atento a los diferentes estímulos exteriores, como las señales del director de orquesta, la ejecución de sus compañeros, la sección de la partitura que se encuentra leyendo, así como al sonido de su propio instrumento para retroalimentarse y corregir de manera eficaz sus posibles errores.

En cuanto al estudio de la atención sin estímulos musicales, Patston et al. (2007) presentaron a un grupo de músicos adultos con más de 8 años de práctica, estímulos en una pantalla dividida por una línea media, encontraron que tanto músicos como el grupo control realizaron con mayor precisión la tarea que involucraba a los estímulos del lado izquierdo, pero el rendimiento de los músicos con los estímulos del lado derecho fue significativamente más preciso que el del grupo control, además el tiempo de reacción fue menor, indicando una capacidad atencional más “equilibrada” en ambos hemisferios.

Seinfeld, et al. (2013) mostraron una mejora significativa en adultos mayores entrenados musicalmente en el papel del control inhibitorio y la atención dividida. Al

evaluar músicos adultos utilizando la tarea de retención de dígitos, Mansens, et al. (2017) encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos, sin embargo, Besta, et al. (2011), al utilizar la tarea de retención de dígitos, no encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos.

Memoria

La memoria es considerada comúnmente como aquella capacidad para almacenar información, acontecimientos pasados y recuperarlos, traer a la conciencia esa información de forma aprendida (Campo, et al., 2008). Esta definición se considera como general, pero a lo largo de diferentes investigaciones se comenzó a abordar a la memoria como un proceso sumamente complejo de elaboración de la información, dividido en etapas consecutivas (Luria, 1980).

Existen diferentes etapas en la memoria, una fase de retención o de registro, una fase de almacenamiento o recuperación y finalmente una fase de evocación (Ostrosky, et al. 2012); en la primera fase, se transforma la información sensorial para que pueda almacenarse, posteriormente se procede a la elaboración de la información para crear un registro temporal o permanente de la información, se finaliza con el acceso y evocación verbal (episódica o semántica) o procedimental (habilidades motoras o de ejecución) (Tulving, 1992) de la información almacenada previamente.

Por otro lado, Craik et al., (1972) proponen que la memoria no tiene un número específico de almacenes separados, sino que su almacenamiento varía dependiendo de la profundidad de la codificación, mencionando que entre más profundo sea el nivel de procesamiento mayor es la posibilidad de recuperar la información, esta profundidad va desde la información que se recibe de los sentidos hasta el más profundo de carácter semántico.

El modelo más actual e integrado es el de Baddeley (1974) que propone el término memoria de trabajo, el cual toma en cuenta los modelos anteriores, plantea que la memoria a corto plazo depende de un grupo de sistemas distintos los cuales

son: fonológico, la agenda visoespacial, los cuales son sistemas especializados en el procesamiento y manipulación de cantidades limitadas de información dentro de modalidades específicas, los otros componentes son el ejecutivo central que incluye la asignación de la atención, la coordinación del flujo de información, la recuperación de la información del almacén episódico a largo plazo, la aplicación de estrategias de recuperación y el razonamiento lógico, como se puede observar en la figura 5.



Figura 5. Modelo de memoria de trabajo. Baddeley (1974)

Bases neuroanatómicas

El funcionamiento de la memoria depende, esencialmente, de tres grandes áreas: los lóbulos temporales, el diencefalo y el cerebro anterior basal (Bauer, et al., 2003), sin embargo, las estructuras y regiones implicadas en la memoria declarativa y no declarativa no son las mismas.

En cuanto a la memoria declarativa, el hipocampo y el giro parahipocampal son necesarios para codificar de manera inicial y consolidar los recuerdos de acontecimientos y objetos en tiempo y espacio (Puvers, et al., 2008), el giro parahipocampal funciona como una estación de relevo entre la corteza y el hipocampo tanto de los inputs procedentes de la corteza como de los outputs que

han de volver a la corteza. De tal forma, existe un flujo bidireccional entre corteza y región parahipocampal, y entre ésta y el hipocampo.

Cuando se da el proceso de recuperación de la memoria declarativa, son los lóbulos temporales mediales de los cuales forma parte el hipocampo y ciertas regiones de la corteza prefrontal las implicadas en el recuerdo, principalmente se ha descrito la activación de las regiones dorsolateral y anterolaterales cuando se trata de recuperar memorias declarativas de la memoria a largo plazo.

La información sensorial llega a las diferentes áreas corticales, en función de la modalidad sensorial, pasando posteriormente por las siguientes fases secundarias y terciarias. Posteriormente, las áreas superiores proyectan vías a las áreas de asociación, las áreas multimodales de los lóbulos parietal y temporal, y a áreas como el área cingulada (Portellano, 2013). Parte de la corteza prefrontal va a recibir una proyección directa del área CA1 del hipocampo. De tal forma, las áreas corteza cerebral que reciben aferencias del área parahipocampal van a incluir las áreas multimodales de asociación de las regiones frontales, cinguladas y temporales, y también de las áreas corticales superiores unimodales de la neocorteza. En cuanto a la memoria no declarativa se sabe que las estructuras implicadas son los ganglios basales, amígdala, el cerebelo y corteza prefrontal. Puvens et al., 2008). En el nivel superior estarían la corteza motora primaria y la corteza premotora. Ambas están relacionadas con el estriado y el cerebelo. Estos circuitos participan en dirigir la fuerza, la preparación para el movimiento y en la coordinación de movimientos, así como en la secuenciación motora. El núcleo estriado está compuesto por núcleos anatómicamente diferenciados, putamen y núcleo caudado. El estriado tiene relación con componentes de los ganglios basales, recibe entradas de gran parte de la corteza cerebral, envía proyecciones a componentes de los ganglios basales y al tálamo, enviando éstos nuevas proyecciones a la corteza premotora, motora y prefrontal. Otra gran estructura implicada en la memoria procedimental y especialmente en lo relativo a los aprendizajes motores es el cerebelo, ver Figura 6.

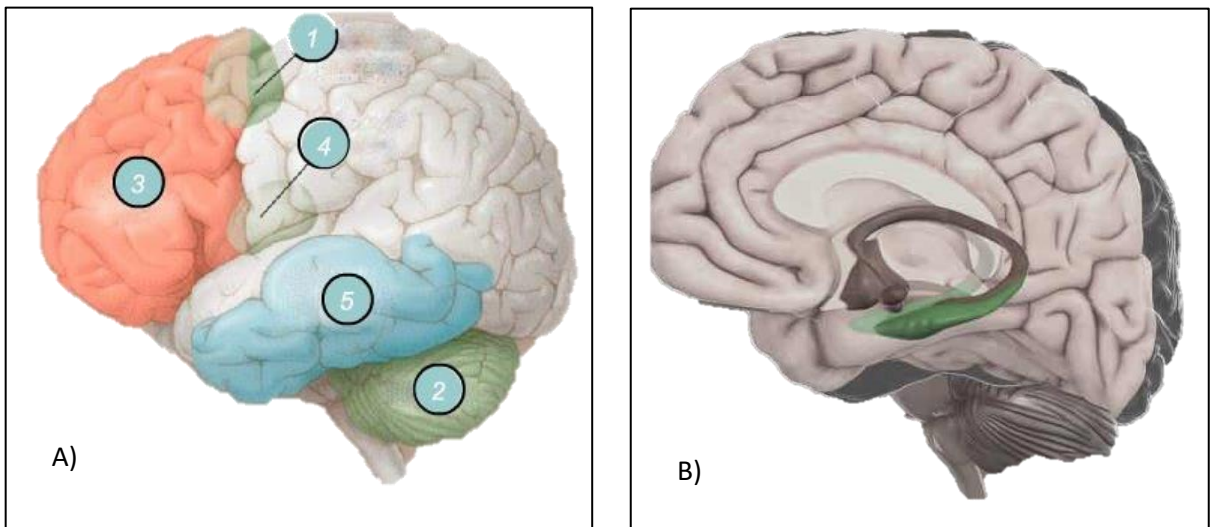


Figura 6. Áreas implicadas en la memoria. A. 1) Motora suplementaria 2) Cerebelo 3) corteza prefrontal 4) Ganglios basales 5) Lóbulo temporal medial. B. Hipocampo, giro para hipocampal. (Tomado de 3D Brain)

Memoria en los músicos

Practicar música requiere que los expertos recuperen información musical de la memoria a largo plazo y planeen continuamente su desempeño continuo en su sistema de memoria de trabajo. También requiere que los expertos inicien y controlen movimientos complejos y monitoreen resultados o retroalimentación (Brown, et al., 2015).

Los músicos expertos han sido calificados como "memoristas" (Chaffin, et al. 2006) porque pueden recuperar trabajos musicales complejos de la información con fluidez (Palmer, 2006). Además, los músicos expertos deben estar familiarizados con cientos de piezas y, a menudo, se les exige que toquen de memoria. Los estudios de casos de músicos profesionales sugieren que los expertos desarrollan "mapas mentales" de la música durante su práctica que consisten en puntos clave de importancia subjetiva en la música. Luego usan las características expresivas en estos puntos (cambios de velocidad / sonoridad) ya que se pueden recuperar

automáticamente y funcionan como una guía para su rendimiento (Chaffin et al., 2010).

En la actividad musical se pueden observar la memoria declarativa donde se puede, por ejemplo, aprender una partitura, memorizar una pieza musical, las notas musicales y la diferencia entre estas; además en cuanto a la memoria de tipo procedimental, en un primer momento, al tocar un instrumento tuvo que existir un aprendizaje de cómo moverse y coordinar diferentes partes del cuerpo. Posteriormente, y con alta participación de las funciones cognitivas, se aprende y se hace experto en la tarea. De tal forma que a medida que las personas van siendo capaces de llevar a cabo la tarea sin pensar detenidamente en los distintos pasos que hay que llevar a cabo para ejecutarla, la cognición juega un papel menos determinante y se puede realizar de forma no consciente.

La información anterior es respecto a la actividad musical en sí, sin embargo, existen algunos estudios que proponen una transferencia de estos cambios en la memoria en cuanto a tareas que no impliquen estímulos musicales, los cuales se describirán a continuación.

Los principales hallazgos se centran o han encontrado diferencias en la precisión en la que los músicos se desempeñan en tareas de reconocimiento, pero también se ha descrito que perciben y recuerdan gran cantidad de detalles del objeto o imagen mostrada (Brady, et al., 2008).

En un estudio dónde se utilizaron tanto estímulos musicales como estímulos no musicales (sonidos ambientales y habla) y objetos aislados y arte abstracto para estudiar la memoria auditiva y visual de los músicos se encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos, puntuando mejor los músicos en tareas que incluían tanto estímulos musicales como no musicales; en cuanto al reconocimiento visual no se encontraron diferencias significativas (Cohen, et al., 2014); apoyando este estudio, otra investigación en cuanto a memoria auditiva se encontró que mejora en los músicos, no siendo así la memoria visual (Chan, et al., 1998), Jakobson et al. (2008) al evaluar adultos músicos que iniciaron su entrenamientos antes de los 9 años, encontraron mayores puntuaciones en el

recuerdo de palabras y figuras simples que en el grupo control, mientras que Rodrigues et al. (2014) reportan que en una tarea de memorización de imágenes hubo diferencias significativas en los tiempos de reacción, pero no así en la precisión, ellos sugieren que puede haber una mejor integración sensoriomotora por parte de los músicos o una mayor capacidad de atención visual. Besta, et al., 2011) utilizando la copia y memoria de la Figura Compleja de Rey y la tarea de aprendizaje de lista de palabras, no encontraron diferencias significativas.

Funciones ejecutivas

Estas funciones se han considerado como las más complejas, y las últimas en terminar de desarrollarse; participan en el control, la regulación y la planeación eficiente de la conducta humana, también permiten que los sujetos se involucren exitosamente en conductas independientes, productivas y útiles para sí mismos (Lezak, et al.2004). Se definen como una serie de procesos cuyo principal objetivo es facilitar la adaptación a situaciones nuevas, opera por medio de la modulación o el control de habilidades cognitivas más básicas (Burgess, 1997). Las funciones ejecutivas se han definido también como los procesos que asocian ideas, movimientos y acciones simples y los orientan a la resolución de conductas complejas. Luria (1988) fue el primer autor que, aunque no les dio nombre las conceptualizó como una serie de funciones que dan lugar a la iniciativa, la motivación, la formulación de metas y planes de acción y el autocontrol de la conducta.

Aunque se ha identificado y estudiado un número importante de ellas, no existe una función ejecutiva unitaria, existen diferentes procesos que convergen en un concepto general de las funciones ejecutivas (Fernandez-Duque et al., 2000). Se ha descrito que al menos las funciones ejecutivas se conforman por los siguientes componentes: planificación, fluencia, flexibilidad, control inhibitorio, memoria de trabajo y toma decisiones (Portellano, 2013). Estas se resumen en la tabla 5.

Tabla 5. Funciones ejecutivas

<i>Funciones ejecutivas</i>	
Planeación	- Capacidad para integrar, secuenciar y desarrollar pasos intermedios para lograr metas a corto, mediano o largo plazo (Tsukiura, Fujii, & Takahashi, 2001).
Control inhibitorio	- Capacidad de control sobre los demás procesos neuronales que se llevan a cabo dentro y fuera de la CPF (Cohen, 1994). - Permite retrasar las tendencias a generar respuestas impulsivas, originadas en otras estructuras cerebrales, siendo esta función reguladora primordial para la conducta y la atención (Matthews, et al., 2005).
Flexibilidad mental	- Generación y selección de nuevas estrategias de trabajo dentro de las múltiples opciones que existen para desarrollar una tarea (Miller & Cohen, 2001).
Memoria de trabajo	- Capacidad para mantener información de forma activa, por un breve periodo de tiempo, sin que el estímulo esté presente, para realizar una acción o resolver problemas utilizando información activamente (Baddeley, 1990).
Fluencia	- Velocidad y precisión en la búsqueda y actualización de la información, así como en la producción de elementos específicos en un tiempo eficiente (Lezak et al., 2004). - Verbal: área premotora y de Broca Weiss et al., 2003) - Construcción: CPF derecha (Ruff, 1994).

Por otra parte, se han tomado en cuenta otros conceptos que se consideran de mayor jerarquía cognitiva, como la metacognición que es la capacidad para monitorear y controlar los propios procesos cognoscitivos; la mentalización que se refiere a pensar lo qué otra persona podría estar pensando o cómo reaccionará ante una situación particular y la cognición social que incluye al sujeto (con sus

motivaciones y valores) en un contexto social en donde hay que tomar decisiones personales (Stuss et al., 2000).

Bases neuroanatómicas

Estas funciones están asociadas al lóbulo frontal y sus conexiones. Esta estructura es la última en terminar de desarrollarse y su desarrollo puede extenderse hasta la tercera década de la vida (Fuster, 2002); se divide en corteza motora, corteza premotora, las cuales están involucradas en la planeación, la organización y ejecución de movimientos complejos, y la corteza prefrontal, la cual está dividida en corteza orbitofrontal, corteza prefrontal medial y corteza prefrontal dorsolateral (Diamond, et al. 2002).

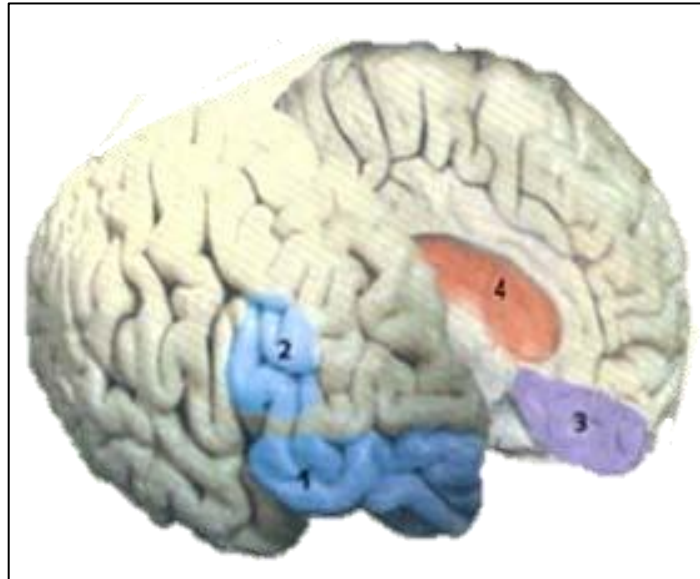


Figura 7 Divisiones de la corteza prefrontal; 1) Orbitofrontal 2) Dorso lateral 3) ventro medial

La corteza orbitofrontal recibe información del sistema límbico, participa en la regulación de emociones y de las conductas afectivas, así como la toma de decisiones y la conducta social (Damasio, 1996). La corteza medial incluye regiones de la corteza premotora y del sistema límbico, relacionándose con la inhibición, detección y solución de conflictos, regulación de los estados motivacionales, así como con el esfuerzo atencional (Fuster, 2002). En cuanto a la corteza prefrontal dorsolateral, la cual representa la porción más anterior del área prefrontal se relaciona con procesos complejos como la planeación, abstracción, memoria de

trabajo, solución de problemas, memoria de trabajo, además del monitoreo y manipulación de la actividad (Stuss, 2002), estas estructuras se ilustran en la figura 7; como ya se sabe todas estructuras se encuentran interconectadas, en el caso de la corteza dorsolateral tiene proyecciones hacia los núcleos de la base, los cuales también reciben información de la corteza parietal posterior y el área premotora, posteriormente proyecta hacia el globo pálido y a sustancia nigra, continuando al núcleo anterior del tálamo (Masterman, et al., 1997).

Funciones ejecutivas en los músicos

Durante la práctica, los músicos constantemente comienzan, se detienen, retroceden y repiten, tomando decisiones en fracción de segundo mientras revisan todos los aspectos de la técnica, la interpretación y el rendimiento, reciben retroalimentación de sí mismos y de la ejecución de sus compañeros. El registro de comportamiento genera en el campo de los procesos cognitivos involucrados en el desarrollo de una habilidad de alto nivel (Chaffin, et al., 2006). Durante la ejecución para que los músicos recuperen, sostengan y manipulen segmentos musicales y los actualicen continuamente. La evidencia sugiere que los expertos planean por adelantado y en segmentos (Drake, et al. 2000). La habilidad de los músicos para planificar y anticipar segmentando la música puede realizarse por su conocimiento esquemático de patrones musicales típicos (Repp, et al., 2000). Esta forma de planificación puede permitir a los expertos trabajar con las altas velocidades de rendimiento de la música en tiempo real.

El vínculo de la música con las funciones ejecutivas ha sido debatido. Tocar un instrumento musical (especialmente dentro de un ambiente de conjunto) requiere muchas habilidades secundarias asociadas con funciones ejecutivas tales como la atención sostenida, el comportamiento dirigido a un objetivo y, en particular, las demandas de cambio de tareas de la flexibilidad cognitiva (Zuk, et al., 2014).

Trabajando con adultos y niños, Zuk, et al., (2014). Utilizando las tareas de Trail Making test, fluencia verbal y la tarea de interferencia de Stroop, encontraron que los músicos expertos adultos (edad de inicio 9 años o menos) en comparación con los no músicos mostraron un mejor desempeño en tareas de flexibilidad, y

fluidez verbal; en cuanto a los niños entrenados musicalmente (edad de inicio 5 años, con un entrenamiento mínimo de dos años) mostraron mayores puntajes en tareas de fluidez verbal y velocidad de procesamiento respecto a los niños sin entrenamiento.

Clayton et al. (2016) relacionando una tarea visual-auditiva (efecto fiesta de coctel) con funciones ejecutivas como flexibilidad, inhibición y memoria de trabajo auditiva y atención selectiva visual (seguimiento de objetos múltiples), encontraron que los músicos se desempeñaron mejor en el efecto de coctel y en memoria de trabajo.

En otro estudio al estudiar la relación entre el entrenamiento musical, el CI general y las funciones ejecutivas, estas últimas mediante el NEPSY II (*Developmental Neuropsychological Assessment for Children*) (Korkman, Kirk, & Kemp, 2007) que incluían formación de categorías, test del reloj, *token test*, Degé, et al. (2011), encontraron que, en particular la atención selectiva se relacionó con la práctica musical y el puntaje CI en niños de 9 a 12 años que han recibido lecciones de música durante 1 a 4 años. En otro estudio al entrenar a adultos mayores para tocar el piano durante 6 meses, encontraron diferencias significativas en el rendimiento en el *Trail making test* (Bugos et al., 2007), el cual es un indicador de flexibilidad mental, control inhibitorio y memoria de trabajo.

Aunque Besta et al. (2007) al evaluar músicos expertos adultos, encontraron diferencias significativas en memoria de trabajo y atención, en el 2011, los mismos investigadores al evaluar atención, funciones ejecutivas y teoría de la mente, utilizando para las funciones ejecutivas tareas como matrices progresivas, torre de Londres y fluencia verbal, reportan no haber encontrado diferencias significativas entre músicos y no músicos.

Como se puede observar, los estudios sobre la atención, la memoria y las funciones ejecutivas en músicos son diversos, incluyen tareas diferentes y diferentes formas de medición, además, las variables como la edad de la población, el tiempo de entrenamiento, la edad de inicio es diversa en cada uno de ellos. Por

lo que se observa, los resultados han sido inconsistentes y requieren de más investigación.

CAPITULO II. METODOLOGÍA

JUSTIFICACIÓN

La música forma parte de la vida cotidiana, la mayoría de las personas disfrutan de ella y son capaces de percibirla de manera global, sin embargo, al ejecutarla o interpretarla de manera continua a lo largo de la vida tienen amplias implicaciones incluyendo cambios a nivel cognitivo que pueden resultar benéficos para quienes lo realizan.

Así, el estudio de la música como fenómeno neuropsicológico ha cobrado relevancia, pues provee información valiosa con respecto a una gran variedad de procesos, sin embargo, al realizar estudios sobre funciones cognitivas, se han utilizado estímulos musicales como por ejemplo memorización de tonos y el estudio de funciones cognitivas más allá de estímulos musicales y sus implicaciones en la vida cotidiana ha sido menor utilizando pruebas aisladas y no baterías estandarizadas que muestren un perfil del funcionamiento cognitivo. Los resultados sobre estas implicaciones han sido inconsistentes por las distintas variables que se llegan a utilizar, tales como el tipo de población (edad, tipo de música, si siguen practicando o no) por lo que es necesario realizar nuevos estudios considerando distintas variables y características de la muestra, así como una batería neuropsicológica validada y estandarizada para población mexicana.

La percepción (musical o no musical) es el primer paso para el contacto con el exterior y su desarrollo comienza a edades muy tempranas por lo que un mejor funcionamiento perceptivo incide directamente en los siguientes niveles del funcionamiento cognitivo, volviendo necesario su estudio junto con el del funcionamiento cognitivo. En cuanto a la edad de inicio de la práctica musical, si bien se ha descrito que influye en cambios funcionales de áreas motoras y auditivas

para el procesamiento musical y, se ha observado que funciones cognitivas no musicales como el lenguaje y la memoria cuentan con periodos críticos para su mayor desarrollo, no se ha descrito si el inicio temprano de la práctica musical se relaciona con el mejor desarrollo de estas funciones cognitivas.

Este trabajo estudió de manera conjunta elementos de la percepción musical y funcionamiento cognitivo utilizando una batería que incluye los diferentes tipos y niveles de atención y memoria tanto para material visual como auditivo-verbal específicamente para población mexicana, tomando en cuenta la variable de edad de inicio de la práctica que se considera un factor importante que no se ha incluido en la mayoría de los estudios sobre la cognición en músicos.

Pregunta de investigación

¿Influye la edad de inicio de la práctica musical en la percepción musical y el funcionamiento cognitivo?

OBJETIVOS

Objetivo general. Determinar si la edad de inicio de la práctica musical y la práctica en sí influyen en la percepción musical y el funcionamiento cognitivo, en músicos y no músicos.

Objetivos específicos.

1. Describir el funcionamiento cognitivo y la percepción musical en músicos profesionales.
2. Comparar la percepción musical en músicos profesionales que iniciaron la práctica antes de la adolescencia con la de los que iniciaron después y los participantes no músicos.
3. Comparar el funcionamiento cognitivo en músicos profesionales que iniciaron la práctica antes de la adolescencia con la de los que iniciaron después y los participantes no músicos.

HIPÓTESIS

H1 La práctica musical influye en la percepción musical y en el funcionamiento cognitivo, especialmente cuando se trata de músicos que iniciaron su formación en etapas tempranas.

H2 El funcionamiento cognitivo será diferente entre los participantes que iniciaron a edad temprana, los que iniciaron durante y después de la adolescencia y los no músicos.

H3 La percepción musical será diferente entre los tres grupos.

MÉTODO

Tipo de estudio

Diseño no experimental, transversal.

Descriptivo, comparativo.

Muestreo por conveniencia.

Variables

Independiente:

Variable independiente	Conceptual	Operacional
Práctica musical	Entrenamiento musical formal: interpretación del instrumento, lectura y escritura de partituras, ensayos y conciertos.	Más de 10 años de práctica regular. - Inicio a temprana edad. - Inicio durante y después de la adolescencia.

Dependientes:

Variables dependientes	Conceptual	Operacional
Funcionamiento cognitivo	Conjunto de procesos mediante los cuales la información sensorial entrante es transformada, reducida, elaborada, almacenada y utilizada (Neisser, 1967).	Puntuación total y por subpruebas obtenidas de la batería NEUROPSI Atención y Memoria y subpruebas de memoria de trabajo de BANFE.
Percepción musical	Proceso psicológico en el que se integran las variables físicas del sonido con procesos como el aprendizaje, la memoria, la motivación y la emoción; enmarcado en un contexto estético y sociocultural determinado, que permite organizar e interpretar la información sensorial para darle significado. (Morán, 2010).	Puntuación total y por subpruebas obtenidas de la batería PROMS para percepción musical.

Participantes

Se evaluaron un total de 45 participantes divididos en tres grupos. Para el primero se reclutaron hombres y mujeres, músicos profesionales que actualmente se encuentran ejerciendo esa profesión y que hayan iniciado su entrenamiento antes de la adolescencia, deberán tener como mínimo 10 años en la ejecución de su instrumento. Para el segundo grupo se incluyeron músicos profesionales que hayan iniciado su entrenamiento durante o después de la adolescencia y que, igualmente lleven 10 años en la práctica formal del instrumento. Para el grupo control se reclutaron hombres y mujeres sin estudios musicales. Los integrantes de los tres grupos estuvieron en el mismo rango de edad y escolaridad (edad: 31 a 55 años y escolaridad de 10 a 24 años) de acuerdo con los rangos establecidos para la obtención del perfil de ejecución de la Batería Neuropsicológica Atención y Memoria (Ostrosky et al. 2012). Todos participaron de manera voluntaria y firmaron un consentimiento informado.

- Criterios de inclusión:

Grupo 1:

1. Músicos instrumentistas profesionales
2. Que se dediquen actualmente a su instrumento
3. Que hayan iniciado su práctica antes de la adolescencia (11 años según la OMS, 2016).
4. 10 años de práctica o más
5. Escolaridad de 10-24 años
6. Edad de 31-55 años

Grupo 2:

1. Músicos instrumentistas profesionales
2. Que se dediquen actualmente a su instrumento
3. Que hayan iniciado su práctica durante o después de la adolescencia
4. 10 años de práctica o más
5. Escolaridad de 10-24 años

6. Edad de 31-55 años

Grupo 3:

1. Sin estudios musicales formales
2. Escolaridad de 10-24 años
3. Edad de 31-55 años

- Criterios de exclusión:

1. Diagnóstico de enfermedades psiquiátricas o neurológicas
2. Farmacodependencia
3. Problemas de audición o visión no corregidos.

Instrumentos

Para evaluar las funciones cognitivas de atención y memoria se utilizó la Batería Neuropsicológica NEUROPSI Atención y Memoria desarrollada por Ostrosky et al. (2012), que permite evaluar en detalle los tipos de atención entre los que se encuentran la orientación, la atención selectiva, sostenida y el control atencional; así como tipos y etapas de memoria incluyendo memoria a corto y largo plazo para material verbal y visoespacial, y funciones ejecutivas: inhibición y memoria de trabajo. Tiene una duración aproximada de 50 a 60 minutos y se aplica manera individual. La batería está validada y estandarizada para población mexicana tomando en cuenta la edad y la escolaridad de los participantes, así en ella se obtiene un perfil para cada participante en el que se pueden identificar las puntuaciones de cada tarea, así como la puntuación total obteniendo un funcionamiento cognitivo normal alto, normal, de deterioro leve a moderado y severo.

Para complementar los resultados de funcionamiento cognitivo y debido a la alta escolaridad de todos los participantes se aplicaron las subpruebas de memoria de trabajo de la Batería Neuropsicológica de Lóbulos Frontales (BANFE) (Flores, et al., 2012)

En cuanto a los componentes del procesamiento musical se utilizó la batería en línea *The profile of music perception skills* “PROMS” (Law et al. 2012), traducida al español desarrollada por la Universidad de Innsbruck, la cual fue creada para tener una medición objetiva, estandarizada y válida para la comprensión de los procesos musicales, capaz de identificar las diferencias individuales en la capacidad musical. La batería no cuenta con normas para población mexicana ni ha sido aplicada a esta población, sin embargo, se desarrollaron tareas para evaluar la capacidad musical las cuales no tienen por objetivo probar la comprensión de un sistema musical específico como la composición de la música occidental, sino que se centra en la evaluación del procesamiento de patrones elementales de ritmo y sonido que se pueden encontrar en varios sistemas y tradiciones (Law et al. 2012).; esta batería consiste en pedir a los participantes juzgar si una referencia y un estímulo de muestra son los mismos o no, estos estímulos se presentarán de forma auditiva mediante ocho subtest que incluyen melodía, ritmo, melodía-ritmo, tempo, acento, tono, afinación, instrumento. La prueba se realizará de manera colectiva con audífonos y tendrá una duración aproximada de 35 minutos. Se obtendrá una gráfica mostrando las puntuaciones de cada subtest.

Procedimiento

Se reclutó a los participantes por medio de convocatorias impresas y colocadas en las escuelas de formación profesional (Conservatorio Nacional de Música, Escuela Superior de Música y Facultad de Música) y en las orquestas profesionales con sede en la Ciudad de México. El grupo control se reclutó en lugares diversos cumpliendo con los criterios de inclusión y exclusión ya mencionados. Todos los participantes firmaron un consentimiento informado donde se les explicó brevemente el procedimiento.

La aplicación de las pruebas se realizó en una sesión, tanto la batería neuropsicológica como PROMS fueron aplicadas individualmente.

Análisis estadístico

Para el análisis se utilizó el paquete estadístico SPSS versión 21. Se sometieron los datos a la prueba de normalidad Shapiro-Wilk, donde la distribución de los datos se asoció con un rechazo en la hipótesis de normalidad y a la prueba Levene para homocedasticidad de varianza donde también se rechazó la hipótesis nula, por lo cual se procedió a un análisis mediante estadística no paramétrica.

Se describieron los datos de edad y escolaridad (media y desviación estándar), así como los relacionados a la práctica musical.

Para el rango del perfil de ejecución entre grupos (alto, normal, leve) se realizó la prueba Chi cuadrada. Para la comparación entre grupos en el puntaje de la batería NEUROPSI atención y memoria, subpruebas de memoria de trabajo de la batería BANFE, así como para los puntajes de la prueba PROMS se realizó un análisis mediante la prueba Kruskal-Wallis ($p < .05$) y para saber entre cuales de los grupos existieron estas diferencias se realizó la prueba U de Mann Whitney con corrección de Bonferroni ($p < .017$).

CAPITULO III. RESULTADOS

Datos descriptivos

Participaron un total de 45 voluntarios, de ellos, 15 fueron músicos profesionales que iniciaron su entrenamiento antes de la adolescencia (MA), 15 músicos que iniciaron durante o después de la adolescencia (MD) y 15 no músicos (NM). Toda la muestra estuvo conformada con personas de más de 10 años de escolaridad y con un rango de edad de 31 a 55 años. En cuanto a la edad no se encontraron diferencias significativas para ningún grupo, sin embargo, para la escolaridad se encontraron diferencias significativas entre el grupo de músicos que iniciaron su entrenamiento durante o después de la adolescencia (MD) y el grupo de no músicos (NM) ($U=19,23 / p=.002$). Los datos de edad y escolaridad se especifican en la tabla 6.

Tabla 6. Edad y escolaridad por grupo

	MA	MD	NM	Kruskall Wallis	U de Mann Whitney	
	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	Xi /p	U/p	Dif
Edad	39,26/ 8,56	39,53/ 7,70	41,26/ 7,60	0,88 / ,64	-	
Escola ridad	18,13/ 2,55	21,86/ 4,38	17,26/ 2,49	16,76/ ,002	19,23 /,002	MD/NM

MA=músicos antes de la adolescencia, MD= Músicos durante o después de la adolescencia, NM=No músicos

p < .05. Diferencias significativas en escolaridad entre el grupo de músicos después de la adolescencia (MD) y el de no músicos (NM).

En cuanto a las características de la práctica musical se reportaron la edad de inicio, los años de práctica y el tiempo dedicado en horas a la semana para los grupos de músicos, los cuales se observan en la tabla 7. Se encontraron únicamente

diferencias significativas para la edad de inicio de la práctica musical (U=225 / p=,000).

Tabla 7. Características de la práctica musical por grupo

	MA	MD	U de Mann Whitney	
	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	U	p
Edad de inicio	7,73 / 2,18	15,06 / 3,61	225	,000
Años de practica	28,60 / 8,41	23,80 / 8,76	72,50	,098
Horas a la semana	13,73 / 7,56	14,33 / 7,29	104,50	,744

P < .05. Diferencias significativas en la edad de inicio de la práctica musical.

Comparación de resultados por grupo.

NEUROPSI atención y memoria.

En cuanto al perfil de ejecución de NEUROPSI atención y memoria se encontró que el porcentaje del nivel de ejecución en el rango alto fue mayor en los músicos que iniciaron su práctica antes de la adolescencia, con un porcentaje de 73,33% de los participantes, el porcentaje de participantes en rango alto para el grupo de músicos que iniciaron después de la adolescencia fue de 46,66%, finalmente el de los no músicos fue del 20%. Los demás participantes se encontraron en un rango de ejecución normal a excepción de un participante del grupo de no músicos, del cual su puntuación se encontró en el rango de alteración leve para su edad y escolaridad (Figura 6). En la tabla 8 se muestran las frecuencias y porcentajes, además del valor de chi cuadrada para los rangos de ejecución (alto,

normal y leve), donde se observa una diferencia significativa en las proporciones en que se presentan dependiendo del grupo.

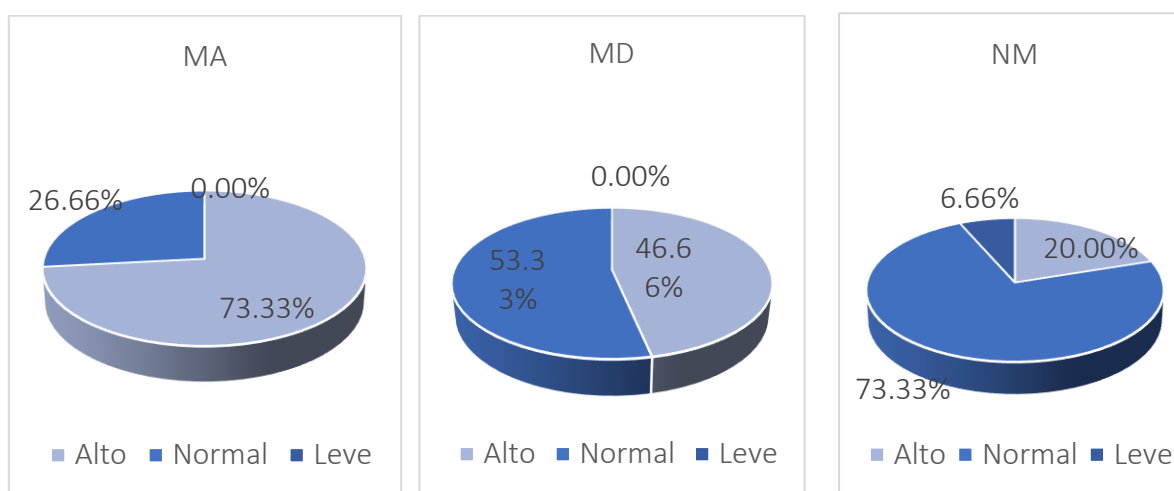


Figura 6. Porcentaje en cada rango de ejecución por grupo. MA: Músicos antes de la adolescencia,

Tabla 8. Contingencia Ejecución * Grupo

		Grupo			Total	
		MA	MD	NM		
Ejecución	leve	Recuento	0	0	1	
		% dentro de Grupo	0.0%	0.0%	6.7%	2.2%
	normal	Recuento	4	8	11	23
		% dentro de Grupo	26.7%	53.3%	73.3%	51.1%
	alto	Recuento	11	7	3	21
		% dentro de Grupo	73.3%	46.7%	20.0%	46.7%
Total	Recuento	15	15	15	45	
	% dentro de Grupo	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%	
Chi cuadrada		9,789	p=,004			

Diferencia significativa en las proporciones de cada rango de ejecución dependiendo del grupo.

En cuanto a las puntuaciones totales se encontraron diferencias significativas ($p < .05$). Para el total de atención y funciones ejecutivas ($X_i=20,90 / p=,000$); para el total de memoria ($X_i=12,06 / p=,002$) y para el total global ($X_i=16,20 / p=,000$). Al realizar la prueba post hoc para ver en qué grupos existieron diferencias ($p < ,01$), en

el total de atención y funciones ejecutivas se encontraron las diferencias entre el grupo de los músicos antes de la adolescencia y el grupo de no músicos ($U=20,00$ / $p=,000$) y entre el grupo de músicos después de la adolescencia y el de no músicos ($U=22,00$ / $p=,000$); en el total de memoria se encontraron diferencias entre el grupo MA y NM ($U=26,50$ / $p=,000$); en el total global se encontraron diferencias entre MA y NM ($U=25,50$ / $p=,000$) y entre MD y NM ($U=44,00$ / $p=,004$). En todos los casos la media del grupo MA fue la más alta. No se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de músicos para ningún puntaje. La media, desviación estándar, así como diferencias entre grupos se observan en la tabla 9

Tabla 9. Diferencias entre grupos para los puntajes totales NEUROPSI

	MA	MD	NM	Kruskall Wallis	U de Mann Whitney	
	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	χ^2 / p	U / p	Dif.
Atención	123,86/ 14,31	120,80/ 9,01	104,66/ 10,98	20,90 / ,000	20,00/000	MA/NM
y					22,00 /,000	MD/NM
Funciones ejecutivas						
Memoria	115,63/ 9,05	109,00/ 12,05	100,13/ 10,24	12,43 / ,002	26,50 /,000	MA/NM
Total	119,73/ 10,13	113,93/ 9,76	101,80/ 10,83	15,95/ ,000	25,50 /,000 44,00/ ,004	MA/NM MD/NM

Puntuaciones totales normalizadas. Nivel de significancia U de Mann Whitney $p < .01$

Con respecto al funcionamiento cognitivo general, en promedio, cada uno de los grupos se encuentra en un rango de ejecución normal de acuerdo con la puntuación normalizada del perfil de ejecución, observando en general un mejor desempeño por parte del grupo de los músicos que iniciaron su entrenamiento antes de la adolescencia. En la figura 7 se muestra la gráfica del desempeño de cada subprueba para cada grupo.

NEUROPSI ATENCIÓN Y MEMORIA

PERFIL GENERAL DE EJECUCIÓN

Dra. Feggy Ostrosky-Solis, Mtra. Ma. Esther Gómez, Dra. Esmeralda Matute, Dra. Mónica Rosselli, Dr. Alfredo Ardila y Dr. David Pineda

Rango de edad: 31 - 55 años

Rango de escolaridad: 10 - 22 años

Nombre: _____ Edad: _____

Género: _____

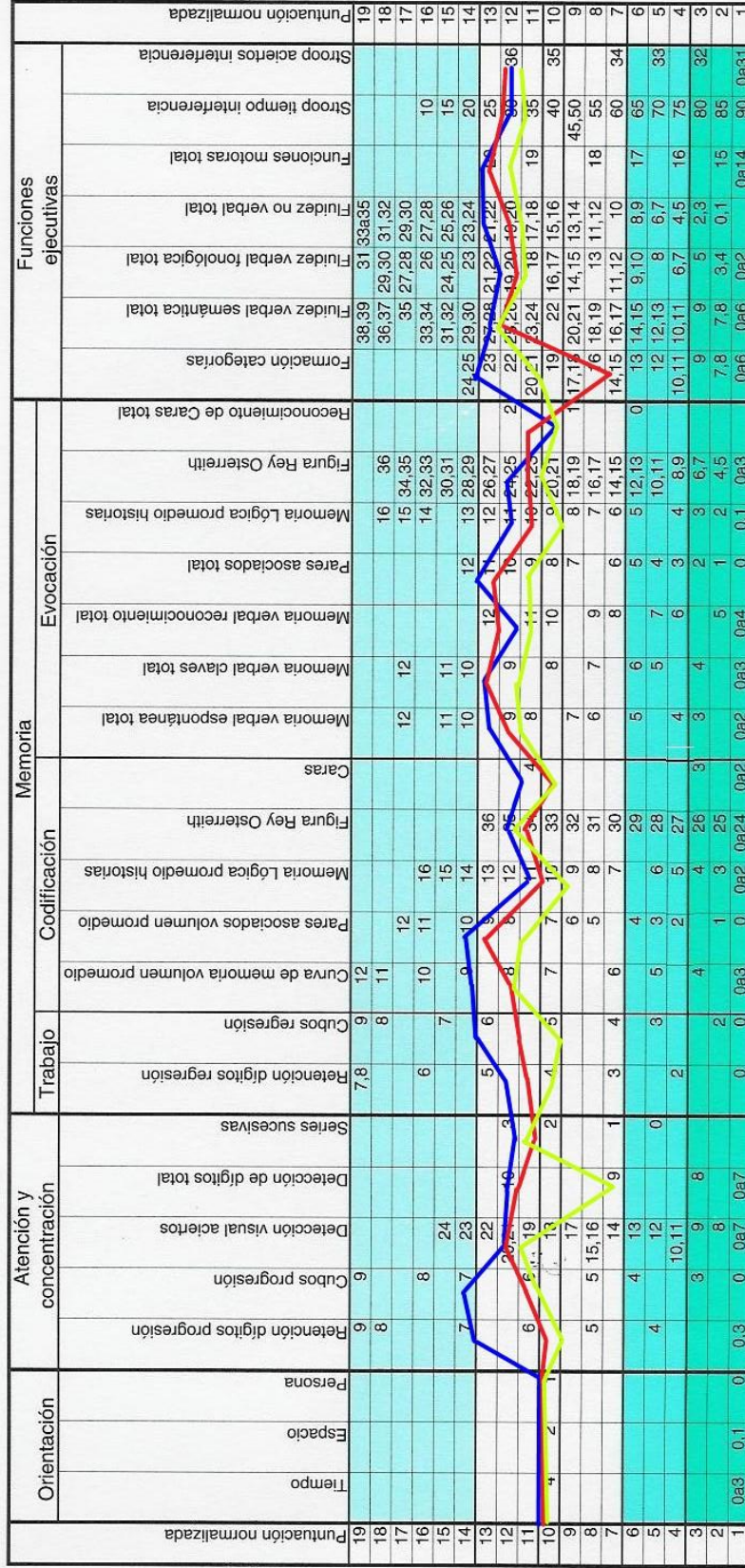


Figura 7 Perfil de ejecución de la Bateria NEUROPSI atención y memoria

● Músicos antes de la adolescencia, ● Músicos durante o después de la adolescencia, ● No músicos

Al analizar las subpruebas de atención y funciones ejecutivas se encontraron diferencias significativas en las subpruebas de cubos en progresión ($\chi^2=6.40$; $p=.04$), detección de dígitos ($\chi^2=16,43$ / $p=,000$), (MA: $\bar{X}=9,93$, d.e=,25; NM: $\bar{X}=8,66$, d.e=1,34; U=41,50; $p=,000$; MD: $\bar{X}=9,80$, d.e=0,56; NM; U= 50,00; $p=,009$), intrusiones en la detección de dígitos ($\chi^2=13,50$; $p=,000$), formación de categorías ($\chi^2=30,15$; $p=,000$), (MA: $\bar{X}= 23,26$, d.e=3,61; MD: $\bar{X}=13,86$, d.e=2,06; U=2,50; $p=,000$; NM: $\bar{X}=19,13$, d.e=5,43; MD; U=6,00; $p=,000$) y tiempo en stroop ($X_i=7,89$ / $p=,01$), (NM: $\bar{X}=32,40$, d.e=7,5; MD: $\bar{X}=27,13$, d.e=6,96; U=51,50; $p=,01$; NM;. Los valores de todas las subpruebas se pueden observar en la tabla 10.

En cubos en progresión, detección de dígitos y formación de categorías, el grupo de los músicos que comenzaron su entrenamiento antes de la adolescencia, las medias fueron más altas, seguidas de las del grupo que inició durante o después de la adolescencia, excepto en formación de categorías donde la media de este grupo fue más baja que la del grupo de no músicos. En cuanto al número de intrusiones en la detección de dígitos y el tiempo en realizar la subprueba Stroop, el grupo de los no músicos tuvo un promedio mayor de intrusiones y requirió más tiempo para realizar la tarea, en comparación con los grupos de músicos.

Tabla 10. Diferencias entre los grupos en las tareas de Atención y Funciones Ejecutivas

Atención y Funciones ejecutivas	MA \bar{X} / DE	MD \bar{X} / DE	NM \bar{X} / DE	Kruskall Wallis Xi / p	U de Mann Whitney U / p	Dif
Orientación	7,00 / ,00	6,93 / ,25	7,00 / ,00	2,00 / ,36	-	
Dígitos progresión	6,40 / 1,45	5,73 / ,88	5,46 / 1,12	3,28 / ,19	-	
Cubos progresión	6,60 / ,91	5,93 / ,88	5,73 / ,88	6,40 / ,04	57,50 / ,02	MA/NM
Detección Visual	20,33 / 2,25	20,33 / 1,87	19,00 / 2,53	2,62 / ,27	-	
Det. Visual Intrusiones	,00 / ,00	,06 / ,25	,13 / ,35	2,09 / ,35	-	
Detección Dígitos	9,93 / ,25	9,80 / ,56	8,66 / 1,34	16,43 / ,000	41,50 / ,000	MA/NM 50,00 / ,009 MD/NM
Det. Dígitos	13 / ,35	,00 / ,00	,80 / ,94	13,50 / ,001	52,50 / ,02	NM/MD 64,50 / ,04 NM/MA

Intrusiones					
Series	2,60 / ,82	2,06 / 1,03	2,26 / 1,09	2,24 / ,32	-
Series Tiempo	16,86 / 5,70	21,53 / 7,69	20,53 / 10,56	2,71 / ,25	-
Categorías	23,26 / 3,61	13,86 / 2,06	19,13 / 5,43	30,15 / ,000	2,50 / ,000 MA/MD 6,00 / ,000 NM/MD 61,00 / ,03 MA/NM
Fluidez Semántica	27,20 / 4,81	26,80 / 4,55	27,06 / 3,80	,12 / ,93	-
Fluidez Sem. Intrusiones	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / 1,00	-
Fluidez Sem. Perseveraciones	,53 / ,99	,80 / ,67	,93 / 1,27	2,71 / ,25	-
Fluidez Fonológica	20,53 / 4,18	18,80 / 3,62	18,13 / 3,60	1,92 / ,38	-
Fluidez Fon. Intrusiones	,13 / ,51	,06 / ,25	,00 / ,00	1,02 / ,59	-
Fluidez Fon. Perseveraciones	,06 / ,25	,00 / ,00	,26 / ,45	5,72 / ,057	-
Fluidez no verbal	21,73 / 6,50	19,06 / 4,16	18,26 / 5,41	1,88 / ,39	-
Fluidez noverb.	,06 / ,25	,93 / 3,10	,33 / ,61	2,13 / ,34	-
Intrusiones					
Fluidez noverb. Perseveraciones	2,66 / 3,01	4,06 / 4,66	3,86 / 3,02	1,41 / ,49	-
Función motora	19,80 / ,41	19,60 / ,50	19,46 / ,74	2,02 / ,36	-
Stroop Tiempo	27,60 / 4,42	27,13 / 6,96	32,40 / 7,5	7,89 / ,01	51,50 / ,01 NM/MD 61,00 / ,03 NM/MA
Stroop Aciertos	35,86 / ,35	35,93 / ,25	35,53 / ,74	4,24 / ,12	-

Al analizar las subpruebas de la batería que evalúan memoria, como se puede observar en la tabla 11, se encontraron diferencias significativas en las

subpruebas de cubos en regresión ($\chi^2=6,89$; $p=,03$), (MA: $\bar{X}= 4,40$; d.e=,82; NM ($\bar{X}=3,86$, d.e=,99; $U=52,50$; $p=,01$); en cuanto a las subpruebas de codificación de la información, se encontraron diferencias en formación de categorías de la lista de palabras ($\chi^2=6,40$; $p=,04$), (MA: $\bar{X}=4,06$, d.e= 2,21; MD: $\bar{X}= 2,20$, d.e=1,89; $U=54,50$; $p=,01$); pares de palabras ($\chi^2=7,28$; $p=,02$), MA: $\bar{X}=9,86$, d.e=1,18; NM: $\bar{X}=7,73$, d.e=2,34; $U=48,00$; $p=,007$), historia ($\chi^2=7,24$, $p=,02$), (MA: $\bar{X}=10,66$, d.e=1,49; NM: ($\bar{X}=8,73$, d.e=1,83; $U=47,50$; $p=,006$) y tema ($\chi^2=6,16$; $p=04$). Respecto a la evocación de la información se encontraron diferencias en pares de palabras ($X_i=7,91$ / $p=,01$), MA: $\bar{X}= 11,00$, d.e=1,13; NM: $\bar{X}=8,93$, d.e=2,37; $U=51,50$; $p=,01$); errores en los pares de palabras ($X_i=10,00$; $p=,007$), (NM: $\bar{X}=,86$, d.e= ,91; MA: $\bar{X}=,06$, d.e=,25; $U=51,00$; $p=,01$) e historia ($\chi^2=8,51$; $p=,01$), (MA: $\bar{X}=10,53$, d.e=1,68; NM: $\bar{X}=8,13$, d.e=1,99 ; $U=42,00$; $p=,003$).

En las subpruebas de cubos en regresión, codificación: formación de categorías de palabras, pares de palabras, historia, tema, evocación: pares de palabras e historia, la media del grupo que inició su entrenamiento antes de la adolescencia fue mayor que la de los otros grupos, seguida de la del grupo que inició durante o después de la adolescencia, a excepción de la formación de categorías de palabras en donde fue el grupo más bajo. En cuanto a los errores en la evocación de pares de palabras, fueron más en el grupo de no músicos.

Tabla 11. Memoria

Memoria	MA	MD	NM	Kruskall Wallis	U de Mann Whitney	
	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	\bar{X} / DE	X_i / P	U / p	Dif
Dígitos	4,40 / ,82	4,33 / ,72	3,86 / ,99	2,18 / ,33	-	
Regresión						
Cubos	6,00 /	5,53 / 1,12	4,93 / ,79	6,89 / ,03	52,50 / ,01	MA/NM
Regresión	1,13					
Codificación	8,40 / ,98	7,86 / 1,12	7,86 / ,99	3,42 / ,18		
Palabras						
Palabras	,33 / ,61	,06 / ,25	,33 / ,72	2,11 / ,34	-	

Intrusiones					
Palabras	1,26 /	1,20 / 1,20	,80 / ,86	1,57 / ,45	-
Perseveraciones	1,03				
Palabras	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / 1,00	-
Primacía					
Palabras	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / 1,00	-
Recencia					
Palabras	4,06 /	2,20 / 1,89	3,33 / 2,05	6,40 / ,04	54,50 / ,01 MA/MD
Categorías	2,21				
Codif.	9,86 /	9,00 / 2,17	7,73 / 2,34	7,28 / ,02	48,00 / ,007 MA/NM
Pares	1,18				
Pares Errores	,80 / 1,47	1,13 / 1,45	2,46 / 2,72	4,47 / ,10	-
Pares	,53 / 1,06	,93 / 1,33	1,06 / 1,16	2,45 / ,29	-
Intrusiones					
Pares	,20 / ,56	,33 / ,81	,66 / 1,04	3,00 / ,22	-
Perseveraciones					
Codif.	10,66 /	10,06 /	8,73 / 1,83	7,24 / ,02	47,50 / ,006 MA /
Historias	1,49	2,08			NM
Codif .	4,93 / ,25	4,73 / ,59	4,53 / ,51	6,16 / ,04	67,50 / ,06 MA/ NM
Tema					
Codif.	34,66 /	34,13 /	34,20 / 2,07	1,10 / ,57	-
Rey	1,71	1,80			
Codif.	4,00 / ,00	3,80 / ,41	3,80 / ,56	2,99 / ,22	-
Caras					
Memoria Verbal	9,06 /	8,86 / 2,06	8,33 / 1,39	1,43 / ,48	-
Espontanea	2,31				
Mem. Ver.	,20 / ,56	,06 / ,25	,33 / ,48	3,58 /	-
Intrusiones				,16	
Mem. Ver.	,13 / ,35	,13 / ,35	,06 / ,25	,40 / ,80	-
Perseveraciones					
Mem. Ver.	9,46 /	9,46 / 1,95	8,53 / 1,24	3,33 / ,18	-
Claves	1,64				
Claves	,20 / ,56	,00 / ,00	,26 / ,45	4,30 / ,11	-
Intrusiones					
Claves	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / ,00	,00 / 1,00	-
Perseveraciones					
Reconocimiento	11,26 /	11,40 / ,91	10,60 / 1,29	3,89 / ,14	-
	,88				

Evocación Pares	11,00 / 1,13	10,46 / 2,19	8,93 / 2,37	7,91 / ,01	51,50 / ,01	MA/NM
Pares Errores	,06 / ,25	,46 / 1,06	,86 / ,91	10,00 / ,007	51,00 / ,01	MA/NM
Pares Intrusiones	,20 / ,56	,20 / ,41	,33 / ,61	,36 / ,83	-	
Pares Perseveraciones	,00 / ,00	,06 / ,25	,20 / ,41	3,75 / ,15	-	
Evocación Historias	10,53 / 1,68	9,66 / 3,01	8,13 / 1,99	8,51 / ,01	42,00 / ,003	MA/NM
Evocación Tema	4,93 / ,25	4,66 / ,61	4,73 / ,59	2,18 / ,33	-	
Evocación Rey	24,40 / 4,27	22,66 / 5,00	21,06 / 6,11	2,47 / ,26	-	
Evocación Nombres	5,13 / 1,88	3,66 / 2,69	4,00 / 2,23	3,02 / ,22	-	
Reconocimiento Caras	1,20 / ,56	1,46 / ,63	1,20 / ,67	2,02 / ,36	-	

BANFE Subpruebas de memoria de trabajo.

Se analizaron las subpruebas de memoria de trabajo de la batería y se realizó el perfil general para los tres grupos, el cual se puede observar en la figura 8. El desempeño de los tres grupos se encuentra en un rango de ejecución normal según las puntuaciones normalizadas para la edad y escolaridad. Puede apreciarse que las puntuaciones del grupo de los músicos que iniciaron su entrenamiento antes de la adolescencia son mayores, a excepción de la primera subprueba de ordenamiento y la de aciertos en la resta 100-7 donde las puntuaciones mayores las obtuvo el grupo de músicos que inició después de la adolescencia. Las puntuaciones del grupo de no músicos estuvieron en su mayoría por debajo de la de los grupos de músicos, excepto en la subprueba de aciertos de señalamiento autodirigido y en el tiempo de la subprueba de 100-7 donde obtuvieron mayor puntuación que el grupo de músicos que iniciaron su entrenamiento durante o después de la adolescencia, pero no mayor a la del grupo que inició antes.

BANFE BATERÍA NEUROPSICOLÓGICA DE FUNCIONES EJECUTIVAS Y LÓBULOS FRONTALES

Julio César Flores Lázaro, Feggy Ostrosky Shejet, Asucena Lozano Gutiérrez

NOMBRE _____ EDAD _____ DIAGNÓSTICO _____

PERFIL DE 31-55 AÑOS ESCOLARIDAD 10-24 AÑOS

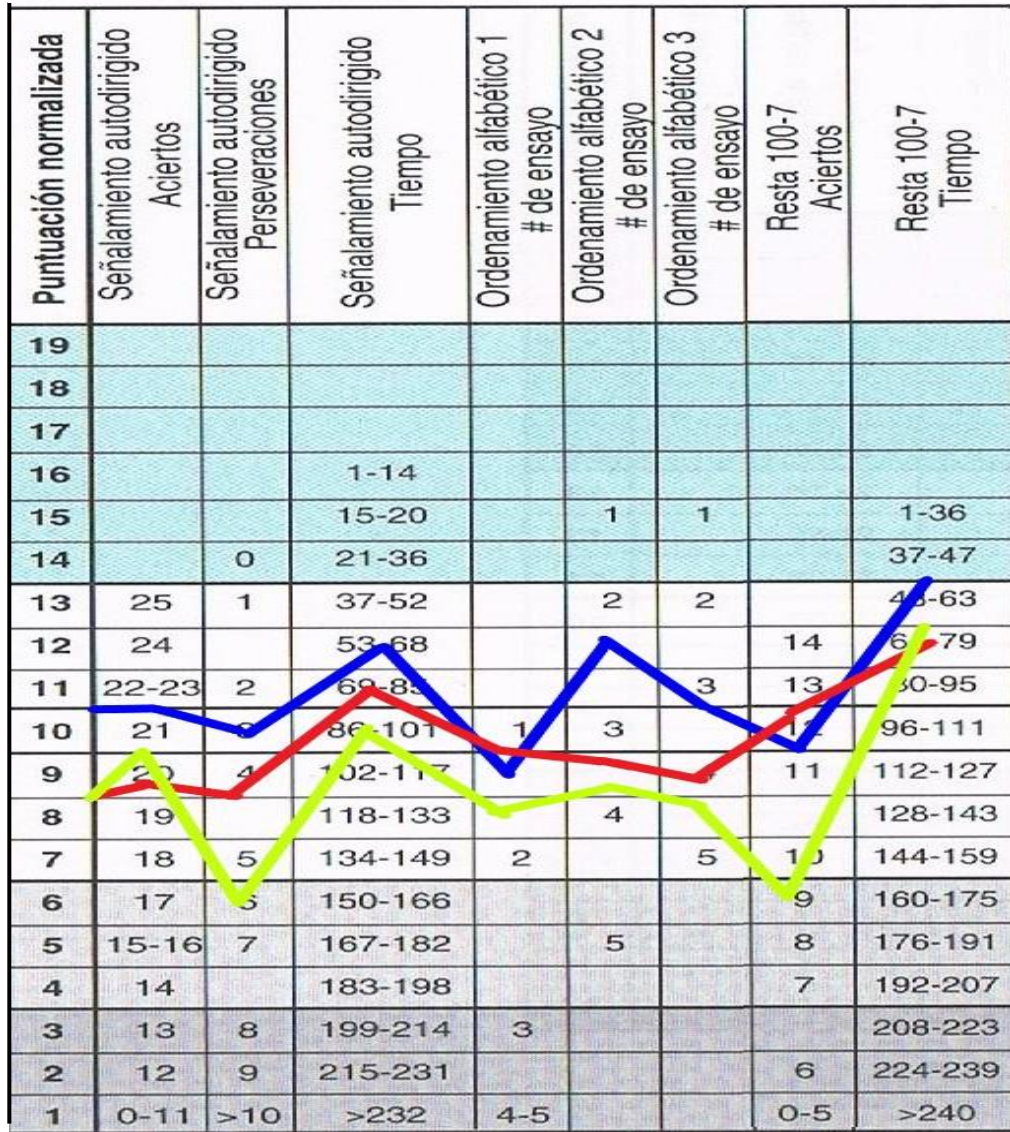


Figura 8. Perfil de las subpruebas de memoria de trabajo

● *Músicos antes de la adolescencia*, ● *Músicos después de la adolescencia*, ● *No músicos*
 Modificada de Ostrosky et al.2012.

Se encontraron diferencias significativas únicamente en la subprueba de ordenamiento alfabético en el número de ensayos para el ordenamiento 2 ($X_i=7,52$; $p=,02$), (MA: $\bar{X}=2,40$, d.e=,98; NM: $\bar{X}=3,53$, d.e=1,18; $U=53$; $p=,01$; MA; MD: $\bar{X}=3,33$, d.e=1,29; $U=64,00$; $p=,04$) y el ordenamiento 3 ($X_i=9,53$; $p=,009$), (MA: $\bar{X}=3,06$, d.e=1,16; NM: $\bar{X}=4,33$, d.e=,89; $U=46,00$; $p=,005$). En esta subprueba el grupo de músicos que inició antes de la adolescencia requirió un menor número de ensayos, seguido del grupo de músicos que inició después de la adolescencia. Los puntajes para todas las subpruebas se encuentran en la tabla 12

Tabla 12. Diferencias entre los grupos en las tareas de Memoria de trabajo

Memoria de trabajo	MA	MD	NM	Kruskall Wallis	U de Whitney	Mann Dif
	\bar{X}/DE	\bar{X}/DE	\bar{X}/DE	X_i/P	U/p	
Señalamiento	21,46 /	19,46 /	19,80 /	2,41 / ,29		-
Aciertos	2,74	3,96	3,52			
Señalamiento	64,06 /	77,80 /	98,13 /	5,72 / ,05		-
Tiempo	33,34	24,20	44,61			
Señalamiento	2,73 / 3,59	4,06 / 2,34	6,00 / 4,98	5,40 / ,06		-
Perseveraciones						
Señalamiento	2,40 / 1,76	4,26 / 3,23	4,20 / 3,12	3,44 / ,17		-
Omisiones						
Señalamiento	24,93 /	24,80 /	26,33 /	,38 / 82		-
Movimientos	3,57	4,36	6,21			
Ordenamiento 1	1,40 / ,63	1,33 / ,48	1,60 / ,73	1,07 / ,58		-
Ensayos						
Ord 1 Errores	,06 / ,25	,06 / ,25	,13 / ,35	,53 / ,76		-
Ordenamiento 2	2,40 / ,98	3,33 / 1,29	3,53 / 1,18	7,52 / ,02	53,00 / ,01	MA/NM
Ensayos					64,00 / ,04	MA/MD
Ord 2 Errores	,93 / 2,08	,93 / 1,43	1,06 / 1,62	,25 / ,88		-
Ordenamiento 3	3,06 / 1,16	3,80 / ,94	4,33 / ,89	9,53 / ,009	46,00 / ,005	MA/NM
Ensayos						
Ord 3 Errores	1,06 / 2,60	,60 / 1,21	1,53 / 2,66	2,47 / ,29		-
Resta Aciertos	11,00 /	11,93 /	8,06 / 5,14	3,99 / ,13		-
	3,87	2,40				
Resta Tiempo	55,20 /	70,46 /	66,46 /	1,32 / ,55		-
	21,19	34,19	29,55			

PROMS Percepción musical

Como se puede observar en la tabla 13, en cuanto a las subpruebas de percepción musical, se encontraron diferencias significativas en la mayor parte de las subpruebas a excepción de ritmo, acento y sincronización. En las demás subpruebas melodía, melodía-ritmo, afinación, tempo, timbre, altura, percepción del sonido, estructural, sensorial y el total de la prueba, se encontraron diferencias significativas entre el grupo de músicos que iniciaron antes de la adolescencia vs el grupo de no músicos y el grupo de músicos que inició durante o después de la adolescencia vs el grupo de no músicos, no se encontraron diferencias significativas entre los dos grupos de músicos para ninguna de las subpruebas.

Tabla 13. Percepción musical

Percepción musical	MA	MD	NM	Kruskall Wallis	U de Mann Whitney	
	\bar{X}/DE	\bar{X}/DE	\bar{X}/DE	χ^2/P	U/p	Dif
Melodía	8,40 / 1,12	7,66 / 1,29	5,33 / 1,44	22,38 / ,000	10,50 /,000 27,00 /,000	MA/NM MD/NM
Ritmo	6,40 / 1,29	5,53 / 1,76	5,86 / 1,35	2,25 / ,32	-	
Melodía - Ritmo	6,60 / 1,29	6,00 / 1,00	4,06 / 1,27	19,43 / ,000	20,50 /,000 30,00 /,000	MA/NM MD/NM
Afinación	6,00 / 1,25	5,46 / ,91	4,66 / ,81	10,23 / ,006	44,50 /,004 59,00 / ,02	MA/NM MD/NM
Tempo	7,13 / ,83	7,00 / 1,60	5,60 / 1,35	12,38 / ,002	39,50 /,002 44,50 / ,004	MA/NM MD/NM
Acento	7,46 / 1,59	6,73 / 1,62	7,13 / 1,40	,83 / ,66	-	
Timbre	7,93 / 1,38	8,26 / 1,22	6,73 / 1,09	9,14 / ,01	63,50 / ,04 45,00 /,004	MA/NM MD/NM
Altura	5,26 / 1,16	5,40 / ,82	4,20 / ,86	10,86 / ,004	59,50 / ,02 37,00 /,001	MA/NM MD/NM
Percepción sonido	14,33 / 2,02	13,06 / 1,43	10,00 / 1,85	24,85 / ,000	10,00 /,003 17,00 /,000	MA/NM MD/NM
Sincronización	14,26 / 2,37	13,66 / 2,02	12,80 / 2,56	2,60 / ,27	-	
Estructural	28,26 / 4,19	25,53 / 3,06	22,80 / 4,6	10,08 / ,006	43,00 /,003 68,00 /,007	MA/NM MD/NM
Sensorial	26,20 / 2,98	25,73 / 2,18	21,13 / 2,92	21,09 / ,000	21,50 /,000 14,00 /,000	MA/NM MD/NM
Total	109,40 / 10,97	103,53 / 7,95	88,46 / 9,35	21,72 / ,000	13,50 /,000 24,00 /,000	MA/NM MD/NM

CAPITULO IV. DISCUSIÓN

El objetivo de esta investigación fue determinar si la edad de inicio de la práctica musical (antes o después de la adolescencia), y la práctica en sí, influye en la percepción musical y el funcionamiento cognitivo.

De acuerdo con los resultados obtenidos en este estudio, se puede decir que, la práctica musical tiene un impacto favorable en tareas implicadas en procesos atencionales, funciones ejecutivas y memoria. Peretz, et al. 2003 mencionan en su modelo de procesamiento musical que hay módulos específicos para interpretar la información musical (p.e. de procesamiento de tono y ritmo) pero que estos a su vez interactúan con otros módulos que no se restringen a este tipo de información (memoria tanto para identificar tonos, además de palabras). Además, según Patel (2011) hay una superposición anatómica de las redes y áreas que procesan los diferentes componentes de la música y las funciones cognitivas, donde la música demanda una mayor precisión en el procesamiento en estas áreas compartidas, además estas actividades son frecuentemente repetidas requiriendo atención focalizada.

En canto al funcionamiento cognitivo, se encontró una tendencia en los músicos que iniciaron en edades tempranas a ubicarse en los rangos altos de ejecución según el perfil para su edad y escolaridad mostrando que pudieron resolver de manera más eficaz las tareas presentadas y que un entrenamiento temprano será útil no solo para el rendimiento musical sino para el funcionamiento cognitivo ante estímulos cotidianos. Los resultados mostraron diferencias significativas en los totales de atención y funciones ejecutivas, y total global entre el grupo de los músicos antes de la adolescencia y el de no músicos, así como entre el grupo de los músicos después de la adolescencia vs el grupo de no músicos, en cuanto a memoria solo se encontraron entre el grupo antes de la adolescencia vs el de no músicos. Puede interpretarse que en cuanto al total de atención y funciones ejecutivas además de que hubo diferencias entre el grupo de músicos antes de la adolescencia y los no músicos también hubo diferencias entre el grupo de músicos durante y después de la adolescencia vs no músicos porque las funciones ejecutivas

son las últimas en terminar de desarrollarse y en la adolescencia continúan con este desarrollo por lo que son más sensibles a la estimulación en esta etapa, mientras que en el total de memoria no se encontraron estas diferencias más que en el grupo antes de la adolescencia vs no músicos pues se ha descrito que la memoria es un proceso que aunque puede “ejercitarse” a lo largo de la vida, se identifica con áreas cerebrales que han madurado antes que las que se relacionan con las funciones ejecutivas y que están casi completamente maduras en la adolescencia (Heyes, et al. 2016), por lo que la posibilidad de cambio puede ser menor.

Atención

Se encontraron diferencias significativas entre músicos antes de la adolescencia y no músicos en las subpruebas entre los dos grupos de músicos vs no músicos en detección de dígitos (número de dígitos e intrusiones). Al respecto, Mansens, et al. (2017) encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos en una tarea de retención de dígitos en adultos mayores, sin embargo, Besta, et al. (2011), al utilizar esta misma tarea, no encontraron diferencias. En estos estudios se puede ver que no se menciona la edad de inicio de la práctica musical y que es muy variable la cantidad de años que los músicos han practicado (9 a 50 años), así como su edad (22 a 67 años). La detección de dígitos que es una modalidad auditiva en donde los participantes tienen que discriminar estímulos y focalizar su atención en los que son relevantes para la tarea, se observó que el grupo de músicos antes de la adolescencia tuvo menor número de intrusiones se puede concluir que han desarrollado estrategias para identificar estímulos relevantes. Al respecto Patston et al. (2007) utilizó una tarea de detección en su modalidad visual encontrando menores tiempos de reacción y más aciertos del lado derecho de la pantalla por parte de los músicos.

Estos resultados podrían deberse a que los músicos implementan en su práctica diversos tipos de atención, es importante para ellos, sostener la atención durante las horas de ensayo, deben estar atento a los diferentes estímulos exteriores, como las señales del director de orquesta, la ejecución de sus compañeros, la sección de la partitura que se encuentran leyendo, así como al

sonido de sus propios instrumentos para retroalimentarse y corregir de manera eficaz sus posibles errores, al mismo tiempo en la asignación de recursos se pueden ver involucradas las emociones; como puede notarse todos estos estímulos incluyen diferentes modalidades tales como auditivas y visuales, que además suelen ser simultáneas en su práctica.

Por otra parte, el ser humano pasa por etapas desde la infancia a la adolescencia en que desarrolla el proceso de atención. A medida que un niño desarrolla su control motor su percepción es más selectiva y su capacidad atencional incrementa, lo que permite dirigir la atención a estímulos relevantes perfeccionando su capacidad para centrarse en múltiples estímulos ampliando la flexibilidad atencional con la edad (Cohen, 2014), por lo que la ejecución motora de instrumento musical y la práctica de éste dentro de un grupo se podría considerar útil en el desarrollo de la atención.

La atención está controlada por una red de estructuras cerebrales cuyas funciones interactúan y se superponen, yendo desde la recepción de información hasta funciones más complejas selección de respuesta y programas motores para el reclutamiento de la atención hacia una meta. La formación reticular participa en el nivel de alerta y está determinada principalmente por la estimulación sensorial, en la práctica musical se puede observar la gran cantidad de estímulos auditivos, táctiles y visuales, lo cual puede contribuir a una mayor activación, además, esta activación básica juega un papel muy importante en la activación y regulación de la corteza, lo cual contribuye a la atención sostenida. Los ganglios basales además de tener una función motora contribuyen a la selección en la percepción y en las respuestas. Aunque no se han hecho muchos estudios sobre estructuras subcorticales en músicos, se han encontrado cambios por medio de técnicas de imagenología cerebral en esta estructura, además de en la corteza del cíngulo (Bermúdez, et al. 2009) que es donde se integra la información con emociones y ayuda en la selección de la respuesta. En cuanto a áreas corticales se han encontrado diferencias entre músicos y no músicos en lóbulos parietales (Gasser, et al. 2003) y frontales (Bermúdez, et al. 2009), los primeros, contribuyendo a los

aspectos espaciales de la atención y la asignación de recursos a un estímulo particular y los lóbulos frontales en el control voluntario de los movimientos oculares, inhibición y reclutar la atención para una meta. Estas estructuras en las que se han encontrado cambios en los músicos, forman parte de la red atencional desde sus elementos más básicos hasta funciones superiores, por lo cual tareas atencionales se pueden beneficiar de la práctica musical.

Funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas, conceptualizadas como una serie de procesos complejos que dan lugar a la iniciativa, motivación formulación de planes de acción y autocontrol de la conducta (Luria, 1988) y que controlan las habilidades cognitivas básicas (Burgess, 1997). Se encontró que existieron diferencias significativas en la subprueba de formación de categorías y el tiempo en realizar la tarea Stroop. Trabajando con adultos y niños, Zuk, et al., (2014), utilizando las tareas de *Trail Making test*, fluencia verbal y la tarea de interferencia de Stroop, encontraron que los músicos adultos en comparación con los no músicos mostraron un mejor desempeño en tareas de flexibilidad, fluidez verbal y control inhibitorio y los niños entrenados musicalmente mostraron diferencias significativas con los no entrenados en tareas de fluidez verbal y velocidad de procesamiento; aunque en la presente investigación no se encontraron diferencias significativas en la tarea de Stroop, si se pudo ver que el grupo de músicos antes de la adolescencia requirió de menor tiempo para realizar la tarea. En otro estudio en el que evaluaron control inhibitorio, mediante la tarea *go-no go* visual y potenciales evocados, en niños de cinco años entrenados durante más de cuatro semanas concluyeron que existe una relación entre el entrenamiento musical y esta función ejecutiva (Moreno, et al. 2014), además de una latencia de respuesta menor, lo cual concuerda con lo obtenido en la presente investigación. En cuanto a la subprueba de categorías, se encontró un mayor número de éstas en los músicos que iniciaron su entrenamiento antes de la adolescencia Degé, et al. (2011) encontraron diferencias significativas en formación de categorías, test del reloj, *Token test*. Por otro lado, en este estudio se encontró que los músicos que iniciaron tardíamente tuvieron mucho menos

categorías que el grupo de no músicos lo cual es un resultado extraño pues se esperaría que, aunque iniciaran tardíamente se desempeñaran mejor o igual que los no músicos.

Las funciones ejecutivas no se estudiaron por completo en batería NEUROPSI; la memoria de trabajo se considera dentro de estas funciones, y para complementar su estudio se utilizaron algunas subpruebas de la batería BANFE. En cuanto al perfil general, nuevamente se puede observar que los tres grupos tienen un perfil de desempeño diferente, en el cual obtuvieron puntajes mayores el grupo de músicos que iniciaron antes de la adolescencia. Sin embargo, solo se encontraron diferencias significativas en las subpruebas de cubos en regresión (grupo de músicos antes de la adolescencia vs no músicos) y en el número de ensayos en ordenamiento alfabético (músicos antes de la adolescencia vs no músicos; grupo de músicos antes de la adolescencia vs músicos durante o después de la adolescencia); la primera tarea corresponde a la modalidad visual y la segunda auditiva. Se puede observar que, en la tarea visual no hubo diferencias entre el grupo de músicos, sin embargo, en la tarea auditiva sí, pudiendo mencionar que tareas de tipo auditivo o verbal pueden ser más sensibles al entrenamiento musical a edades tempranas, lo cual podría deberse a que antes de comenzar con lectura de partituras, los niños que indican de manera temprana, comienzan a familiarizarse con los sonidos. Clayton et al. (2016) relacionando una tarea visual-auditiva (efecto fiesta de coctel) con funciones ejecutivas como flexibilidad, inhibición y memoria de trabajo auditiva y atención selectiva visual (seguimiento de objetos múltiples), encontraron que los músicos se desempeñaron mejor en el efecto de coctel y en memoria de trabajo, otro estudio es el de Roden, et al. (2013), dieron entrenamiento musical a niños de entre 7 y 8 años de edad diariamente por 45 minutos, aplicando tareas computarizadas sobre memoria de trabajo tanto visual como verbal, en diferentes momentos del entrenamiento, encontrando que aunque el grupo de niños que no recibió entrenamiento musical tuvo un puntaje mayor en la línea base, el grupo de niños que recibieron entrenamiento musical fue mejorando su ejecución notablemente en las siguientes mediciones. Otros autores que también utilizaron las tareas de dígitos en regresión además de ordenar figuras en una matriz para la

versión de estímulos visuales fueron Suarez, et al. (2015), trabajaron con músicos adultos concluyendo que la práctica se relaciona con un mejor desempeño en memoria de trabajo tanto para tareas auditivas como visuales. Sus resultados concuerdan con la presente investigación, ya que también se encontraron diferencias en cubos en regresión y aunque no se encontraron para dígitos, si se encontraron en la tarea de ordenamiento alfabético que corresponde a la modalidad verbal-auditiva. Se ha encontrado que los resultados para memoria de trabajo auditiva como los dígitos han sido inconsistentes, por ejemplo, Coch (2011) encontró una relación positiva entre la práctica musical y la tarea dígitos hacia atrás en adultos jóvenes, pero Bugos, et al. (2007) no encontraron diferencias en ésta cuando evaluaron adultos mayores con formación musical y un grupo control, Lee et al. (2007) encontraron una mayor retención de dígitos en regresión en niños entrenados musicalmente pero no en adultos entrenados musicalmente. La razón de que estos resultados sean inconsistentes puede ser que las edades de los participantes varían mucho, en un estudio se les dio entrenamiento musical a niños durante unas semanas, en otro a jóvenes y por último se evaluaron adultos mayores.

Estos estudios muestran que la edad es un factor importante para observar un desempeño diferente en este tipo de tareas. La formación musical mejora las funciones ejecutivas a temprana edad (Steele, et al. 2013) y podría ayudar a mantener estas funciones en la edad adulta.

En cuanto estudios neuroanatómicos se ha encontrado en músicos se han encontrado diferencias principalmente en la corteza prefrontal dorsolateral, polo frontal, giro frontal inferior, áreas implicadas en las funciones ejecutivas, resaltando a la corteza prefrontal dorsolateral, implicada en el tipo de tareas evaluadas en este estudio y que son las últimas en madurar por completo a finales de la adolescencia.

Memoria

En cuanto a la memoria de manera general se define como la capacidad para almacenar información y recuperarla (Campo, et al., 2008). Se encontraron diferencias significativas en la fase de codificación en las subpruebas de formación

de categorías para recordar la lista de palabras, pares de palabras e historias; en la fase de evocación se encontraron diferencias significativas en pares de palabras, número de errores al evocarlos e historias, las cuales fueron prácticamente las mismas que en la fase de codificación, pudiendo notar además que todas estas subpruebas pertenecen a la modalidad sensorial auditiva. En todas las subpruebas, el grupo de músicos antes de la adolescencia obtuvo los mayores puntajes, pero las diferencias sólo fueron entre éste vs no músicos, a excepción de las categorías para recordar la lista de palabras dónde hubo diferencias entre los grupos de músicos, pudiendo decir como en algunas de las subpruebas anteriores que los músicos de inicio temprano han desarrollado diferentes estrategias para poder resolver este tipo de tareas de manera más eficaz, esto concuerda con estudios de casos de músicos profesionales que han sugerido que los expertos desarrollan "mapas mentales" de la música durante su práctica que consisten en puntos clave de importancia subjetiva en la música, luego usan las características expresivas en estos puntos (cambios de velocidad / sonoridad) ya que se pueden recuperar automáticamente y sirven como una guía para su rendimiento (Chaffin et al., 2010). Estos hallazgos son comprobables con un estudio dónde se utilizaron tanto estímulos musicales como estímulos no musicales (sonidos ambientales y habla) y objetos aislados y arte abstracto para estudiar la memoria auditiva y visual de los músicos se encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos, puntuando mejor los músicos en tareas que incluían tanto estímulos musicales como no musicales auditivos; en cuanto al reconocimiento visual no se encontraron diferencias significativas (Cohen, et al., 2014); apoyando este estudio, otra investigación en cuanto a memoria auditiva se encontró que mejora en los músicos, no siendo así la memoria visual (Chan, et al., 1998), mientras que Rodrigues et al. (2014) reportan que en una tarea de memorización de imágenes hubo diferencias significativas en los tiempos de reacción, pero no así en la precisión, ellos sugieren que puede haber una mejor integración sensoriomotora por parte de los músicos. Besta, et al. (2011), utilizando la copia y memoria de la Figura compleja de Rey y la tarea de aprendizaje de lista de palabras, no encontraron diferencias significativas, esto concuerda con esta

investigación pues tampoco se encontraron diferencia en estas tareas más que en la estrategia utilizada para resolver la de la lista de palabras.

En los inicios de las investigaciones de la memoria en la música, Hughes (1915) mencionó que la música se puede memorizar de tres maneras: de oído, leyendo las notas, por memoria sensorial y motora, moviendo los dedos de manera automática sobre el instrumento. Estas características de la memoria musical comparten áreas cerebrales de la memoria para cualquier otra actividad, por lo que los músicos podrían desempeñarse mejor en estas tareas tanto auditivas como visuales. Se han encontrado cambios en los músicos en cuanto a materia gris en áreas como el plano temporal y el giro temporal medio e inferior. (Bermúdez, et al.2009).

Percepción musical

Respecto a los hallazgos en la percepción musical se encontró que los músicos que iniciaron su entrenamiento antes de la adolescencia obtuvieron los mayores puntajes y ambos grupos de músicos puntuaron mejor que el grupo de no músicos, sin embargo, no existieron diferencias significativas entre los grupos de músicos. Al obtener el primer grupo de músicos el mayor puntaje en la mayoría de las tareas de percepción musical concuerda con la literatura ya que tanto sistemas sensoriales (por ejemplo, auditivo y táctil, los cuales forman parte de la vía de entrada o recepción de la información en la música), como motores (para la ejecución musical) tienen su mayor desarrollo en la primera infancia (Gómez, et al. 2003), reportando edades desde el nacimiento hasta los siete años.

Un resultado notorio en estas subpruebas de percepción musical es que todas en las que se encontraron diferencias significativas entre músicos y no músicos están asociadas con sistemas de análisis auditivos como el tono y sus derivados (por ejemplo saber si una melodía está afinada o no), los cuales corresponden a áreas cerebrales temporales, mientras que en todas las que no se encontraron diferencias pertenecen a procesos que tienen que ver con patrones rítmicos que se asocian más a áreas en las que se planifica el movimiento. De esto se puede concluir que las habilidades auditivas son más sensibles al entrenamiento

y que necesitan de más práctica. El entrenamiento influye en el desarrollo estructural, especialmente en las cortezas auditiva y motora (Rosenkranz et al., 2007; Hyde et al., 2009). Penthune et al. (2011) mediante neuroimagen y tareas musicales muestran que los músicos que comenzaron a entrenarse temprano muestran un mejor desempeño de tareas de reconocimiento de tonos y motoras. Al respecto se han encontrado diferencias entre músicos y no músicos en áreas primarias sensoriales y motoras, así como de asociación (Gaser, et al. 2003; Bangert, et al. 2006; Bermudez, et al. 2009; Li, et al. 2010), además de cambios en materia blanca principalmente en el cuerpo caloso (Ozturk, et al. 2002; Lee, et al. 2003; Schlaug, et al. 2005) lo cual contribuye a un mejor rendimiento en este tipo de tareas. Estos cambios junto con sus implicaciones funcionales tales como discriminación y memoria de tonos y ritmos, tareas bimanuales se han reportado cuando los músicos inician su entrenamiento a edades tempranas, ya que estas áreas maduran en etapas iniciales del desarrollo.

Finalmente, al hablar de que la cognición musical puede transferir estas estrategias y maneras de resolver tareas ante estímulos musicales a la cognición en general (no musical) se puede ver que, en efecto, el grupo de músicos que inició sus estudios antes de la adolescencia tuvo un mejor desempeño en la mayoría de las tareas tanto musicales como no musicales, seguido del grupo de los músicos que iniciaron más tarde. Esta transferencia en la cognición puede darse por medio de la práctica musical ya que se ha encontrado evidencias de diferencias principalmente en la corteza prefrontal dorsolateral, polo frontal, giro frontal inferior, área motora suplementaria, área motora y área somatosensorial primarias, giro de Heschl, plano temporal, giro temporal medio, giro temporal inferior, región anterior superior del lóbulo parietal, fisura calcarina, giro lingual, la corteza del cíngulo, las cuales, como describió (Bermudez, et al. 2009), son áreas implicadas tanto en la entrada como en la salida de la información del procesamiento musical y que todas ellas y sus conexiones participan activamente y de manera muy importante en la cognición en general.

No encontrar diferencias significativas en la mayoría de las tareas entre los músicos que iniciaron durante o después de la adolescencia vs el grupo de los no músicos puede indicar que hay periodos críticos en los cuales la práctica musical influye de manera más notoria en la cognición, aunque esto no significa que no pueda haber cambios. Que no se hayan encontrado diferencias significativas entre los dos grupos de músicos podría deberse a que las horas y años de práctica no difieren entre ellos y este tipo de variables se han considerado en muchos estudios de plasticidad no solo en la música sino en otras actividades como factores importantes para los cambios cerebrales. También se ha descrito que el desarrollo cerebral no es lineal ni para las estructuras ni para los procesos cognitivos asociados a ellos (Gogtay, et al, 2004). Otra de las razones importantes es que la literatura menciona que los músicos deben iniciar a una edad muy temprana, reportando edades desde los 3 a los 7 años para que tanto cambio en la percepción musical y su influencia en funciones cognitivas sean más notables, sin embargo, en esta muestra se observó que los participantes iniciaron su entrenamiento a edades más tardías.

En ninguna de las investigaciones citadas anteriormente hacen la diferencia entre músicos que iniciaron su entrenamiento temprano vs los que iniciaron de manera tardía, pero demuestran principalmente mediante estudios longitudinales que la práctica música juega un papel importante en el desarrollo de las funciones cognitivas y que estos cambios parecen permanecer más estables si el entrenamiento musical es en niños, cuando se entrena a adolescentes, adultos o adultos mayores, si se muestran cambios en sus funciones cognitivas pero estos suelen ser más discretos.

Las funciones que maduran primero son las básicas como las que pertenecen a áreas sensoriales y motoras que influirán en el posterior desarrollo de las funciones cognitivas hasta llegar a las funciones de alto orden; es por ello, que al iniciar una práctica musical a edades tempranas y cómo la música influye en el desarrollo de áreas sensoriales y motoras éstas podrán modificar el desarrollo de las funciones cognitivas no solo en el ámbito musical. Sin embargo, establecer la

edad de inicio en la práctica para que los beneficios se presenten o sean duraderos es complicado, ya que la música con diferentes requerimientos cognitivos los cuales no tienen un desarrollo lineal, además es un fenómeno multifactorial que en muchas culturas inicia como un fenómeno de endoculturación, la cual se refiere a muy pautas musicales estéticas observadas en el entorno y que están presentes desde el nacimiento, hasta los primeros años de la infancia, así como un sistema cognitivo que va evolucionando a partir de competencias desarrolladas (Sloboda, 1985), para posteriormente iniciar con una formación musical formal incluyendo teoría y práctica instrumental, la cual es específica del músico experto, aunque no necesariamente los músicos se vuelven expertos en todas las habilidades musicales y sus implicaciones en la cognición en general (Miranda, et al. 2013). Por su parte, Costa-Giomi (1999) menciona que en la música intervienen muchos factores, tales como el tipo de entrenamiento, disciplina, emociones implicadas en la práctica, además de la participación familiar o practicar dentro de un grupo u orquesta, y estos pueden influir en que los cambios cognitivos se preserven o no al paso del tiempo, por lo que el estudiar a la música desde diferentes perspectivas ayudará a tener un mejor entendimiento de sus beneficios e implicaciones en la cognición.

CONCLUSIONES

- La práctica musical es un proceso multifactorial y uno de sus beneficios incluye al funcionamiento cognitivo.
- Cada grupo tiene un perfil particular para su desempeño cognitivo, lo que podría hablar a cerca de como el cerebro, dependiendo de la actividad que se haya practicado, en este caso la musical y la etapa del neurodesarrollo en la que se haya iniciado, va modificando su funcionamiento para resolver diferentes tareas.
- Estas diferencias en los perfiles cognitivos de los grupos muestran que el aprendizaje a lo largo de toda la vida es posible.
- Puesto que en la mayoría de las tareas que se encontraron diferencias significativas fueron entre los músicos que iniciaron a edades tempranas vs no

músicos, se debe tomar en cuenta que sí existen periodos críticos que facilitan la adaptación del cerebro en desarrollo a su medio ambiente.

- La edad de inicio es un factor importante en los cambios cognitivos, pero no es determinante para que éstos sucedan por lo que un entrenamiento musical podrá ser útil en cualquier etapa de la vida.
- Desde edades tempranas los músicos trabajan con los sistemas sensoriales y motores que son los primeros en madurar y los cuales, funcionan como el primer paso del contacto con el exterior, lo cual influye en la manera de conocerlo o cognición.
- Los músicos pueden desarrollar estrategias eficaces que ayudarán a resolver diferentes tareas cognitivas.
- Se encontraron diferencias en pocas tareas cognitivas por lo que es necesario estudiar las demandas específicas que requieren estas tareas y si se observan otro tipo de resultados cuando las funciones que se estudian aumentan en complejidad.

Sugerencias

Es necesario tomar en cuenta en futuras investigaciones otro tipo de variables como el tiempo de práctica; sería interesante realizar estudios longitudinales a cerca del entrenamiento musical en diferentes etapas de la vida para poder observar de manera más clara el tipo de cambios o beneficios que la música pueda aportar. También podría ser de utilidad agregar un grupo de músicos que hayan iniciado un entrenamiento a la edad adulta y analizar qué tipo de cambios o beneficios pueden resultar de este entrenamiento. Otro aspecto importante que se pudo observar fue que, dado que la música es multimodal, se podría profundizar más en qué tipo de estímulos si visuales o auditivos, se pueden encontrar mayores beneficios.

Limitaciones

La edad de la muestra fue mayor a la reportada en otras investigaciones en donde se menciona que antes de los 7 años. De igual manera, el tamaño de la muestra fue menor al considerado en un primer momento. Se incluyeron funciones

ejecutivas al estudio, sin embargo, no se tuvo la oportunidad de evaluarlas todas, aportando conclusiones de memoria de trabajo y de inhibición. En cuanto a la percepción musical es un concepto que engloba diversos factores que van desde aspectos culturales, evocación emocional y aspectos físicos del sonido como su duración y altura, en esta investigación solo se indagó en estos últimos.

REFERENCIAS

Afifi, A., Bergman, R. (2006). *Neuroanatomía funcional. Texto y atlas*. México. Edit. McGraw Hill Segunda edición. Pp. 493

Arias Gómez M. (2007). Music and neurology. *Neurologia*. 22(1), 39-45.

Bauer, R.M., Grande, L., y Valenstein, E. (2003). Amnesic Disorders. En: K.M. Heilman y E. Valenstein (Eds.). *Clinical Neuropsychology* (4th ed., pp. 495-573). New York: Oxford University Press.

Baumann, S., Meyer, M., & Jäncke, L. (2008). Enhancement of auditory-evoked potentials in musicians reflects an influence of expertise but not selective attention. *J Cogn Neurosci*, 20(12), 2238-2249

Banich, M. T. (2009). Executive function the search for an integrated account. *Current. Direction Psychological Science*. 18, 89–94. doi: 10.1111/j.1467-8721.2009.0161

Bermudez, P., Lerch, J. P., Evans, A. C., & Zatorre, R. J. (2009). Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry. *Cereb Cortex*, 19(7), 1583-1596.

Bergmann, S., Darki, F., Klingberg, G. (2014). Music practice is associated with development of working memory during childhood and adolescence. *Frontiers in human neuroscience*. 7, 1-9.

Besta, C. (2011). Cognitive abilities of musicians. *Perceptual and Motor Skills*, 113, 2, 563-569.

Bezzola, L., Merillat, S., Gaser, C., and Jancke, L. (2011). Training-induced neural plasticity in golf novices. *J. Neurosciences*. 31, 12444–12448

Bischof H-J. Behavioral and neuronal aspects of developmental sensitive periods. *NeuroReport*, 18: 461e465, 2007.

Brady TF, Konkle T, Alvarez GA, Oliva A. Visual long-term memory has a massive storage capacity for object details. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2008; 105:14325–14329.

Brown, (2015). Chapter 4 – Expert music performance: cognitive, neural, and developmental bases. *Progress in Brain Research*; 217, 57-86.

Burgess, P. W. (1997). Theory and methodology in executive functions research. En P. Rabbit (Ed.), *Methodology of frontal and executive function* (pp. 81- 111). Londres: Psychology Press

Bugos JA, Perlstein WM, McCrae CS, Brophy TS, Bedenbaugh PH (2007) Individualized Piano Instruction enhances executive functioning and working memory in older adults. *Aging Ment Health* 11: 464–471.

Calford MB. (2002). Dynamic representational plasticity in sensory cortex. *Neuroscience*;111:709–73.

Carlson, N. (2006). *Fisiología de la conducta*. Capítulo 7: Audición, sentidos somáticos y sentidos químicos. Universidad de Massachusetts Octava edición. Edit. Pearson. PP 224-240.

Celis, V. G., Pechonkina, I. M., & Goodin, A. D. (2014). La relación entre los procesos de lecto-escritura y la música desde la perspectiva neurocognitiva. *Revista chilena de Neuropsicología*, 9(12), 21-24.

Chaffin, R., Lisboa, T., Logan, T., Begosh, K.T., 2010. Preparing for memorized cello performance: the role of performance cues. *Psychol. Music* 38, 3–30.

Chaffin, R., Logan, T., 2006. Practicing perfection: how concert soloists prepare for performance. *Adv. Cogn. Psychol.* 2, 113–130.

Chan AS, Ho YC, Cheung MC. Music training improves verbal memory. *Nature*. 1998; 396:128.10.1038/24075 [PubMed: 9823892]

Clayton, K. K., Swaminathan, J., Yazdanbakhsh, A., Zuk, J., Patel, A. D., & Kidd, G. (2016). Executive function, visual attention and the cocktail party problem in musicians and non-musicians. *PLoS ONE*, 11(7), 1–17.

Cohen, M.A., Evans K.K, Horowitz, T.S, Wolfe, J.M. (2011) Auditory and visual memory in musicians and nonmusicians. *Psychon Bull Rev*. 2011 June ; 18(3): 586–591.

Coltheart, M. Modularity and cognition. *Trends in Cognitive Sciences*. 3, 115–120 (1999).

Confavreux C, Croisile B, Garassus P, Aimard G, Trillet M. (1992). Progressive amusia and aprosody. *Archives of Neurology*. 49:971-6.

Corrigall, K.A., Schellenberg, E.G., Misura, N.M., 2013. Music training, cognition, and personality. *Front. Psychol*. 4, 222.

Costa-Giomi, E. (1999). The Effects of Three Years of Piano Instruction on Children's Cognitive Development. *Journal of Research in Music Education*, 47:3, 198-212.

Darwin, C. (1909). *El origen del hombre*. Valencia: Siempre editores.
Recuperado de https://medicina.ufm.edu/images/7/7c/Elorigendelhombre_POR_CHARLES_DARWIN.pdf

Dawn, L., Merrett, D. L., Wilson, S. J. (2011). Chapter 7. Music and Neural Plasticity. *Lifelong Engagement with Music*. En Rickard, N. *Lifelong Engagement with Music: Benefits for Mental Health and Well-Being* (pp. 123-161). New York: Nova Science Publishers Inc.

Degé, F., Kubicek, C., & Schwarzer, G. (2011). Music lessons and intelligence: A relation mediated by executive functions. *Music Perception*, 29(2), 195-201

De Villers-Sidani E, Chang EF, Bao S, Merzenich MM. Critical period window for spectral tuning defined in the primary auditory cortex (A1) in the rat. *J Neurosci*. 2007;27:180–189

Drake, C., Palmer, C., 2000. Skill acquisition in music performance: relations between planning and temporal control. *Cognition* 74, 1–32.

Fernandez-Duque, D., Baird, J. A.; & Posner, M. (2000). Executive attention and metacognitive regulation. *Consciousness and Cognition*, 9, 288-307.

Fjell, A. et al. (2012). Multimodal imaging of the self-regulating developing brain. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* ; 109, 19620-19625.

Fodor, J. (1983) *The Modularity of Mind* (MIT press, Cambridge, Massachusetts

Fuster JM. *The prefrontal cortex: anatomy, physiology and neuropsychology of the frontal lobe*. 2nd ed. New York: Raven Press; 1989

García, N., Berthier, M*, Froudust W., González, P. (2013). Modelo de cognición musical y amusia. *Neurología*. 28(3),179-186

George EM, Coch D (2011) Music training and working memory: An ERP study. *Neuropsychologia* 49: 1083–1094

Hargreaves DJ, Aksevtijevic A (2011) Music, IQ, and the executive function. *Br J Psychol* 102: 306–308.

Hasegawa, M. et al. (1992). Development of myelination in the human fetal and infant cerebrum : a myelin basic protein immunohistochemical study. *Brain Dev* ; 14, 1-6.

Heyes, B., Zokaei, N., Husain, M. (2016). Longitudinal development of visual working memory precision in childhood and early adolescence. *Cognitive Development*. (39), 36-49.

Hyde, K.L., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A.C., and Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *J. Neurosci*. 29, 3019–3025.

Izquierdo, M., Oliver, D., Malmierca, M. (2009). Mecanismos de plasticidad (funcional y dependiente de actividad) en el cerebro auditivo adulto y en desarrollo. *Revista de Neurología*; 48(8), 421-499

Izquierdo, M.A, Oliver, D.L., Malmierca, M.S. (2009). *Rev Neurol*. 16; 48(8): 421–429.

Jäncke, L. (2009). The plastic human brain. *Restor. Neurol. Neurosci*. 27, 521–538.

Jean-Jacques Rousseau, VOLUME 9. Dictionnaire de musique, in Collection complète des oeuvres, Genève, 1780-1789, vol. 9, in-4°, édition en ligne www.rousseauonline.ch, version du 7 octobre 2012.

Kimura D. (1964). Left-right dominances in the perception of melodies. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 16:355-8

Kinney, H. Brody, B. Kloman, A. , Gilles, F. (1988). Sequence of central nervous system myelination in human infancy II. Patterns of myelination in autopsied infants. *J. Neuropathol. Exp. Neurol* ; 47, 217-234.

Kleim, J. A., & 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), 225-239

Koelsch S. (2005). Neural substrates of processing syntax and semantics in music. *Current Opinion in Neurobiology*;15:207-12

Koelsch, S., Fritz, T., Schulze, K., Alsop, D., & Schlaug, G. (2005). Adults and children processing music: An fMRI study. *NeuroImage*, 25(4), 1068-1076.

Law, L. M. C., Zentner, M. (2012). Assessing Musical Abilities Objectively: Construction and Validation of the Profile of Music Perception Skills. Department of Psychology, University of York, York, United Kingdom. *Plos one*. 7 :12, 1-15.

Lazaro, J.C., Ostrosky, F. (2008). Neuropsicología de lóbulos frontales, funciones ejecutivas y conducta humana. *Revista Neuropsicología, Neuropsiquiatría y Neurociencias*, Vol.8, No. 1, 47-58.

Lee Y, Lu M, Ko H (2007) Effects of skill training on working memory capacity. *Learning and Instruction* 17: 336–344

Levitin, D. (2006). *Tu cerebro y la música, el estudio científico de una obsesión humana*. Primera edición. Pp 435.

Lezak, M. D., Howieson, D.B., Loring D.W. (2004). *Neuropsychological assessment*. Nueva York: Oxford University Press.

Lim, V. K., Lambert, A., & Hamm, J. P. (2001). A paradox in the laterality of melody processing. *Laterality*, 6(4), 369-379.

Limb, C. J., Kemeny, S., Ortigoza, E. B., Rouhani, S., & Braun, A. R. (2006). Left hemispheric lateralization of brain activity during passive rhythm perception in musicians.

Luria A, Pribram KM, Homskaya ED. (1964). An experimental analysis of the behavioral disturbance produced by a left frontal arachnoidal endothelioma. *Neuropsychology*. . 2: 257-80

Luria AR. *The working Brain*. (1976). An introduction to Neuropsychology. Basic Books; Edición: Revised. PP.400

Luria AR. (1988). El cerebro en acción. 5ª ed. Barcelona: Martínez Roca; p. 43-99.

Ma,W., Lai, Y., Yuan, Y.,Wu, D., and Yao, D. (2012). Electroencephalogram variations in the α band during tempo-specific perception. *Neuroreport* 23, 125–128.

Mansens, D., Deeg, D.J., Comijs, H.C. (2017). The association between singing and/or playing a musical instrument and cognitive functions in older adults. *Aging & Mental Health*; Journal homepage: <http://www.tandfonline.com/loi/camh20>.

Martin, B., Tremblay, K., & Stapells, D. (2007). Principles and applications of cortical auditory evoked potentials. In R. F. Burkard, M. Don & J. J. Eggermont (Eds.), *Auditory Evoked Potentials: Basic Principles and Clinical Applications* (pp. 482-507).

Miranda, L.D. (2013). *Psicología y música: elaboración de perfiles de desarrollo integral en alumnos de la Escuela Nacional de Música*. (Tesis de licenciatura). Universidad Nacional Autónoma de México. México

Morán Martínez, María Concepción. (2010). Psicología y arte, la percepción de la música. *Ciencias* 100, octubre-diciembre, 58-64. [En línea]

Moreno, S., Farzan, F. (2015). Music training and inhibitory control : a multidimensional model. *Annals of the New York Academy of Sciences*. 1337, 147-152.

Mosing, M.A., Madison, G., Pedersen, N.L., Kuja-Halkola, R., Ullen, F., 2014. Practice does not make perfect: no causal effect of music practice on music ability. *Psychol. Sci.* 25, 1–9.

Münste, T.F., Altenmüller, E., and Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nat. Rev. Neurosci.* 3, 473–478.

Öztürk, A. H., Tasçioglu, B., Aktekin, M., Kurtoglu, Z., & Erden, I. (2002). Morphometric comparison of the human corpus callosum in professional musicians and non-musicians by using in vivo magnetic resonance imaging. *J Neuroradiol*, 29(1), 29-34.

Palmer, C., 2006. The nature of memory for music performance skills. In: Altenmueller, E., Wiesendanger, M. (Eds.), *Music, Motor Control and the Brain*. Oxford University Press, Oxford, pp. 39–53

Pantev, C., Roberts, L. E., Schulz, M., Engelien, A., and Ross, B. (2001). Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians. *Neuroreport* 12, 169–174. doi: 10.1097/00001756- 200101220-00041.

Patel, A. D. (2003). Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience* ; 6, 674–681.

Patston, L.M., Hogg, S. Tippet, L. (2007). Attention in musicians is more bilateral than in non-musicians. *LATERALITY*, 2007, 12 (3), 262 272.

Peretz I, Coltheart M. (2003). Modularity of music processing. *Nature Neuroscience*; 6(7), 688- 691.

Peretz, I. & Morais, J. Music and modularity. *Contemporary Music Rev.* 4, 277–291 (1989).

Pinker, S. (1997). *How the Mind Works*. Recuperado de <https://es.scribd.com/document/334416408/steven-pinker-1997-how-the-mind-works-pdf>

Platel H, Price C, Baron JC, Wise R, Lambert J, Frackowik RSJ, et al. The structural components of music perception. A functional anatomical study. *Brain* 1997;120:229-43

Pozo, T., Monzón, M., Rodríguez, R. (2013). Brain lateralization and neural plasticity for musical and cognitive abilities in an epileptic musician. *Frontiers in human neuroscience*; 6:7, 829.

Portellano, J.A. (2007). *Neuropsicología infantil*. Madrid, España. Primera edición. Edit. Síntesis. PP. 289.

Portellano, J.A. (2013). *Neuropsicología de la atención, las funciones ejecutivas y la memoria*. Madrid, España. Primera edición. Edit. Mc Graw Hill. PP. 316

Repp, B.H., 2000. Pattern typicality and dimensional interactions in pianists' imitation of ex- pressive timing and dynamics. *Music Percept.* 18, 173–211.

Rodrigues, A.C., Loureiro, M., Caramelli, P. (2014). Visual memory in musicians and non-musicians. *Frontiers in human neurosciences.* 8 :424, 1-10.

Rosenkranz, K., Williamon, A., and Rothwell, J.C. (2007). Motorcortical excitability and synaptic plasticity is enhanced in professional musicians. *J. Neurosci.* 27, 5200–5206.

Rosselli, M., Matute, E., Ardila, A. (2010). *Neuropsicología del desarrollo infantil*. Manual moderno.

Schlaug, G., Jancke, L., Huang, Y. X., Staiger, J. F., & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus-callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047-1055.

Schlaug, G., Norton, A., Overy, K., & Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Ann N Y Acad Sci*, 1060, 219-230.

Schön, D., Regnault, P., Ystad, S., & Besson, M. (2005). Sensory consonance: An ERP study. *Music Percept*, 23(2), 105-117.

Sloboda J. A. (1985). *The musical mind : The cognitive Psychology of music*. Oxford : Oxford University Press.

Soria, G., Duque, P., García, M. (2011). Música y cerebro: Fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Revista de Neurología*; 52(1), 45-55.

Steele, C. J., Bailey, J. A., Zatorre, R. J., & Penhune, V. B. (2013). Early musical training and white-matter plasticity in the corpus callosum: Evidence for a sensitive period. *The Journal of Neuroscience*, 33(3), 1282–1290. doi:10.1523/JNEUROSCI.3578-12.2013

Stewart L, Walsh V, Frith U, Rothwell J.(2001). Transcranial magnetic stimulation produces speech arrest but not song arrest. *Annals of the New York Academy of Sciences*.;930:433-5

Stirling, J. (2002). *Introducing Neuropsychology*. New York. Psychology Press.

Stuss, D. T., & Levine, B. (2000). Adult clinical neuropsychology, lessons from studies of the frontal lobes. *Annual Review of Psychology*, 53, 401-403.

Suárez, L., Elangovan, S., Au, A. (2015): Cross-sectional study on the relationship between music training and working memory in adults. *Australian Journal of Psychology*. 1-9.

Thompson, S., Hagoort, P., Ford, D., Honing, H., Koelsch, S., Ladd, D. R., Lerdahl, F., Levinson, S. C., Steedman, M. (2013). Multiple levels of structure in language and Music. En MA, Arbib (Ed) (2013). *Language, Music, and the Brain: A mysterious relationship*. Massachusetts Institute of Technology and the Frankfurt Institute for Advances Studies (pp.289-306).

Toledo, A., Salvador, J. (2015). Exploración de las propiedades psicométricas de la Batería Montreal de Evaluación de Amusia en una muestra de sujetos con epilepsia de lóbulo temporal. *Salud mental*; 38:5, 311-319.

Trainor L. (2005). Are the critical periods for musical development? *Developmental Psychobiology* (46), 262-278.

Tramo M, Shah G., Braida L. (2002). Functional role of auditory cortex in frequency processing and pitch perception. *Journal of Neurophysiology* 2002;87:122-139.

de Villers-Sidani, E., Chang, E.F., Bao, S., and Merzenich, M.M. (2007). Critical period window for spectral tuning defined in the primary auditory cortex (A1) in the rat. *J. Neurosci.* 27, 180–189.

Wan, C.Y., and Schlaug, G. (2010). Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span. *Neuroscientist* 16, 566–577

Watanabe, D., Savion-Lemieux, T., and Penhune, V. B. (2007). The effect of early musical training on adult motor performance: evidence for a sensitive period in motor learning. *Exp. Brain Res.* 176, 332–340. doi: 10.1007/s00221-006-0619-z

Xomskaya, E. (2002). El problema de los factores en la neuropsicología. Traducido del ruso a castellano por Solovieva, Y., Quintanar, L. *Revista española de Neuropsicología.* 4, 2-3: 151-167.

Zatorre R., Chen J., Penhune, V. (2007). When the brain plays music: auditory-motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience.*;8:5, 47-58..

Zatorre, R. (1988). Pitch perception of complex tones and human temporal-lobe function. *Acoustical Society of America. The Journal of the Acoustical Society of America.* Recuperado de <http://dx.doi.org/10.1121/1.396834> el 26/11/2016.

Zatorre, R. J. (1979). Recognition of dichotic melodies by musicians and nonmusicians. *Neuropsychologia*, 17(6), 607-617.

Zuk, J., Benjamin, C., Kenyon, A., Gaab, N. (2014). Behavioral and Neural Correlates of Executive Functioning in Musicians and Non-Musicians. *Plos One.* 9 : 6.