

La práctica musical y el funcionamiento cognitivo

Areta Ortega Orozco

Gabriela Orozco Calderón

dragabrielaorozco@gmail.com

Especialidad: Psicología

Universidad Nacional Autónoma de México.

Resumen: Tanto el origen y la función de la música como su procesamiento es foco de interés en la psicología y se explica como un modelo de plasticidad estructural y 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 y la práctica continua. 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 este fin las pruebas neuropsicológicas proveen valiosa información. El objetivo de esta revisión es conocer el estado del arte acerca de las habilidades de percepción musical y su efecto en las funciones cognitivas cerebrales.

Palabras clave: funciones cognitivas; percepción musical; plasticidad cerebral; neuropsicología; cerebro musical.

Recibido: 16 octubre 2018/ Aceptado: 26 marzo 2019.

Musical practice and cognitive functioning

Abstract: The aim of this review is to know the state of the art about musical perception skills and its effect on brain cognitive functions. Both the origin and function of music and its processing is of interest to psychology and has been explained as a functional and structural plasticity model in which the involved areas and connections are modified, these changes depend on different variables, including the beginning of training and constant practice. Neuroimaging studies together with tasks that include musical stimulus have supported these changes and can differentiate musicians from non-musicians in terms of volume and activation of specific areas. The study of other cognitive functions (non-musical directly) in professional musicians has recently gained importance and it is being studied how musical practice can influence these cognitive functions and the neuropsychological tests provide valuable information for this purpose.

Keywords: cognitive functions; sound perception; neuro plasticity; neuropsychology; musical brain.

Introducción

La música juega un papel muy importante en la vida del ser humano y está presente en todas las culturas; es por ello que se han hecho diversas investigaciones sobre su posible origen y de las funciones que esta pueda tener, aunque no se ha llegado a conclusiones certeras acerca de esto.

Al hablar no solo de la escucha de la música sino de procesamiento musical completo (el cual se refiere a la entrada y 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, Merrett & Wilson, 2011); además, como ya se mencionó cuenta con diferentes modalidades para la entrada de información (auditiva, lectura de partituras, observación del director de orquesta, etc.) y 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 realización de tareas o sin ellas, donde se puede observar el volumen y la activación de las estructuras implicadas, comparando a músicos con no músicos. Además de estas comparaciones, se toman 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 en 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). 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 examinado estas funciones cognitivas sin utilizar estímulos musicales y algunos de sus resultados han sido inconsistentes.

De igual forma, 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, Ostrosky & Próspero, 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.

Es importante mencionar que las conclusiones sobre las consecuencias de la formación musical a lo largo de la vida tienen amplias implicaciones, llegando a poder utilizarla como una herramienta de rehabilitación para ciertas patologías neurológicas y/o psiquiátricas; además de poderla considerar como un posible factor de protección sobre el deterioro cognitivo (Mansens, Deeg & Comijs, 2017).

Dentro de las funciones cognitivas se encuentran la atención (orientación, la atención selectiva, sostenida y el control atencional) y la memoria (memoria a corto y largo plazo para material verbal y visoespacial, memoria de trabajo) (Ostrosky *et al.*, 2012), las cuales son consideradas como funciones muy importantes para la adaptación al medio y para el desarrollo de funciones más complejas.

Música y cerebro

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). El origen de la música ha sido difícil de comprender y las propuestas han sido heterogéneas; por ejemplo, Darwin (1909) en su libro *El origen del hombre* menciona que el disfrutar la música o producirla no tiene una utilidad adaptativa real para el

hombre; mientras que Pinker (1997) refiere 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. Por su parte, Thompson y otros investigadores (2013) proponen que puede tener ciertas funciones adaptativas, que surge de manera simultánea al lenguaje verbal proponiendo un vínculo evolutivo entre ellos.

Por otro lado, Casares y demás colaboradores (2013) sugieren que la música es innata y precursora del lenguaje hablado, y han estudiado cómo los bebés pueden mostrarse sensibles a melodías y ritmos incluso desde la etapa intrauterina. Celis, Pechonkina & Goodin (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. Así, aunque la música comparte de manera importante regiones cerebrales con el lenguaje, se ha confirmado que sus componentes necesitan de redes neuronales específicas para poder procesarlos, por lo que se considera como un proceso independiente de este y otras funciones cognitivas.

El procesamiento musical engloba diversos dominios, además de tener que procesar diferentes claves 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, aparte 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.

Continuando con la idea de la modularidad para la música como proceso independiente se han realizado modelos explicativos de la entrada y salida de información que involucran a áreas específicas del sistema nervioso. Uno de los modelos más utilizados en la investigación sobre la forma en que se procesa la música es el de Peretz & Coltheart (2003), en el cual se hace referencia a dos vías principales de entrada de la

información: existe la participación del sistema melódico "¿Cómo?", el cual incluye percepción de tonos y el intervalo que hay entre ellos; y el sistema temporal "¿Cuándo?", que incluye la percepción del ritmo y la métrica. 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.

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. En cuanto a la vía melódica, la información viaja a través del tallo cerebral y el mesencéfalo hasta llegar a la corteza auditiva (Izquierdo, Oliver & Malmierca, 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 Brodman, la cual se ha visto que es su parte más anterior la que está involucrada en este procesamiento musical; para este procesamiento tonal se requiere de conexiones fronto-temporales (Peretz, Cummings & Dube, 2007).

En cuanto 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, Duque & García, 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 se reportan 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 mencionar 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 (musicales y 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 a través de técnicas de imagenología, han encontrado que mediante la práctica musical se generan cambios plásticos en las áreas involucradas que pueden ser identificados por cambios estructurales y cognitivos o funcionales. La plasticidad es un fenómeno muy estudiado en diferentes actividades que requieren de experiencia (Kleim & Jones, 2008), sin embargo, la música ha cobrado relevancia como modelo para estudiarla; esto ha sucedido porque los músicos han practicado durante muchos años de manera repetitiva e intensa para alcanzar un alto nivel de experiencia, además, la producción de música es una tarea que requiere movimientos motores delicadamente 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, Merrett & Wilson, 2011). Estos estudios de neuroimagen refieren que la plasticidad depende, en gran medida, de una mayor experiencia, tanto en la interpretación como en la escucha repetida.

Mediante estas técnicas en donde los participantes realizan tareas que tienen que ver con estímulos musicales o no se realiza ninguna tarea y se mide el volumen de las áreas de interés se aprecia, principalmente, que, en cuanto a la especialización hemisférica, en los músicos expertos diestros se involucran múltiples áreas del hemisferio izquierdo para tareas más analíticas (Gaser & Schlaug, 2003), lo que favorece una interconexión de ambos hemisferios, y determina funciones más específicas y concretas; mientras que en los no músicos predomina el hemisferio derecho para una percepción más global. Estos investigadores, mediante resonancia magnética funcional, reportan diferencias en la materia gris entre músicos y no músicos en áreas visoespaciales, auditivas y motoras, así como en el cerebelo. Apoyando estos resultados, por medio de morfometría basada en voxels, Bermúdez y demás colaboradores (2009) advierten diferencias en el área motora suplementaria y en el giro frontal inferior, además de la fisura calcarina, giro de Heschl, giro inferior

temporal, giro temporal medio y plano temporal, área dorsolateral frontal y corteza del cíngulo.

Lee, Chen & Schlaug (2003) informan diferencias en la sustancia blanca del cuerpo calloso entre músicos profesionales y no músicos. De igual forma, Hyde y otros investigadores (2009) en un estudio longitudinal encuentran un cambio en la actividad del giro precentral derecho y cuerpo calloso de los músicos ante tareas motoras y en el área auditiva primaria derecha para tareas melódicas. Así mismo, Schlaug y demás colaboradores (2005) señalan estas mismas diferencias mediante resonancia magnética funcional y pruebas motoras como *tapping*, lo cual apoya la idea de la interconexión hemisférica para el procesamiento específico y global de la música.

También se ha estudiado, por ejemplo, cómo en músicos hay una conexión entre áreas auditivas y motoras (Proverbio *et al.*, 2017); por medio de potenciales relacionados a eventos concluyen que la estimulación audiovisual en músicos es capaz de inducir simulación motora. Igualmente, Mathias, Tillmann & Palmer (2016), por medio de potenciales evocados y la técnica de LORETA, proponen que la identificación de secuencias de sonido puede basarse no solo en información auditiva sensorial sino también en la información motora (también se puede codificar), lo cual facilita el procesamiento; así, puede verse que la habilidad musical depende altamente de un cerebro multimodal e interconectado que no siempre fue así sino que tuvo que pasar por cambios plásticos mediante la práctica repetida.

Inicio de la formación musical y cambios cerebrales

La mayoría de estos cambios estructurales se relacionan con cambios funcionales, teniendo como resultado una mejor percepción y ejecución sobre estímulos musicales en los músicos profesionales, tales como el reconocimiento y memoria de tonos, percepción de la disonancia, cambios en el ritmo y aprendizaje de secuencias o melodías.

Muchos de estos cambios se han dado cuando los músicos comenzaron su entrenamiento antes de los siete años de edad, por ejemplo, Schlaug menciona que la porción anterior del cuerpo calloso solo resultó mayor en músicos que cumplían con el inicio temprano de la práctica; Li y otros estudiosos (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, Watanabe, Savion-Lemieux & Penhune (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 Penhune (2011), mediante neuroimagen y tareas musicales, muestra que los músicos que comenzaron a entrenarse temprano muestran un mejor desempeño de tareas y mayores cambios en las regiones auditivas y motoras, sin embargo, algo importante que él menciona es que sus estudios no controlaron las probables diferencias entre los músicos de edad temprana y los entrenados tardíamente en el número de años de experiencia musical que podrían fungir como otro factor importante para los cambios estructurales y funcionales.

Merrett, Peretz & Wilson (2013) 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.

Se puede ver que estos resultados dependientes de la edad de inicio han sido inconsistentes, esto puede suceder porque se pensaba que la plasticidad era una propiedad especial del cerebro en desarrollo. Luego se empezó a demostrar que el cerebro del adulto podía cambiar en respuesta a las experiencias, indicando que el cerebro humano adulto puede llegar a ser maleable y que el ambiente y la experiencia sensorial pueden remodelar la corteza cerebral, tanto de niños como de adultos, aunque en un grado diferente (Dawn, Merrett & Wilson, 2011); aun así muchos han establecido la edad de inicio como un marcador importante para que pueda observarse este fenómeno.

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 de tipo atencional, mnémico, psicomotor, lingüístico y de respuesta emocional y procesamiento visoespacial y funciones ejecutivas (Casares *et al.*, 2013), así como de las estructuras cerebrales asociadas a ello.

En el apartado anterior se hizo alusión a que la música involucra diferentes procesos para poderla 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 la música interactúa con esas otras funciones, las cuales pueden mejorar mediante este tipo de práctica. Miendlarzewska & Trost (2014) mencionan que las habilidades desarrolladas en esta práctica pueden dividirse en dos: habilidades necesarias para el aprendizaje musical (como la escucha o auditivas), habilidades motoras finas y el procesamiento temporal, las cuales pueden o no estar más desarrolladas antes de iniciar el entrenamiento y habilidades cognitivas no musicales desarrolladas a partir de este entrenamiento, esta incluyen el IQ general, memoria verbal, lectura, funciones ejecutivas, así como habilidades sociales. Dadas estas asociaciones, el entrenamiento musical puede tener un efecto en el funcionamiento del cerebro y el comportamiento humano; sin embargo, estas suposiciones requieren de más investigación.

El estudio de la amusia también ha sido de gran ayuda en el entendimiento de cómo es que los componentes de percepción y ejecución musical pueden interactuar con diferentes funciones cognitivas provocando efectos de transferencia, por ejemplo, autores como Alossa & Castelli (2009) mencionan que la presencia de amusia no se acompaña siempre de déficits en funciones cognitivas. Sin embargo, en otro estudio (Särkämö *et al.*, 2010), advierten que la atención, en general, fluidez semántica, comprensión verbal y los procesos de memoria de trabajo y flexibilidad están asociados con déficits en la percepción y ejecución musical, ya que en pacientes con la misma localización del daño estas funciones se vieron más afectadas en los que presentaron amusia que en los que no presentaron.

Al contrario de resultados congruentes y similares que se han demostrado en cuanto al cambio estructural y funcional en áreas específicas para el procesamiento musical y cómo este va mejorando con la práctica, los estudios acerca de cómo esta práctica musical incide sobre procesos cognitivos no relacionados con estímulos musicales han

sido variados y se han confirmado resultados inconsistentes. Algunos ejemplos relacionados con procesos cognitivos influenciados por la práctica musical han involucrado, principalmente, la lectura, memoria verbal, procesos visoespaciales y funciones ejecutivas, aunque los resultados suelen no ser los mismos.

Algunas de las funciones cognitivas han sido estudiadas y valoradas mediante tareas que no involucran estímulos musicales. En cuanto a memoria verbal se ha evidenciado que mejora en los músicos, no siendo así la memoria visual (Chan, Ho & Cheung, 1998). Rodríguez, Loureiro & Caramelli (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 aunque se requiere de más investigación.

Por otro lado, Cogo y demás investigadores (2013) perciben que las puntuaciones más altas en la Batería de Montreal para la evaluación de la amusia predecían habilidad de lectura a nivel de palabras en niños. Schlaug y otros colaboradores (2005), mediante un estudio longitudinal realizado con niños que empezaban a aprender música y un grupo control, notan que no existían diferencias significativas en las tareas cognitivas antes de empezar con la práctica; después de cuatro años de entrenamiento se apreciaron diferencias en el subtest de vocabulario del WISC-III.

También se ha comprobado que la retención de estímulos tanto visuales como auditivos en músicos involucran más activación de corteza prefrontal, parietales y temporales (Grimault *et al.*, 2014). Por su parte, Clayton y demás colaboradores (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), advierten que los músicos se desempeñaron mejor en el efecto de coctel y en memoria de trabajo.

Como ya se mencionó antes, en cuanto a la variable de inicio temprano (siete años) o tardío se ha descrito que influye en cambios funcionales de áreas motoras y auditivas para el procesamiento musical y aunque se ha visto que otras funciones cognitivas no musicales, como el lenguaje y la memoria, cuentan con periodos críticos o sensibles para su mayor desarrollo, no se ha descrito si el inicio temprano de la práctica musical

influye en las posibles relaciones de la ejecución musical con el mejor desarrollo de estas funciones cognitivas.

Conclusión

La música juega un papel importante en 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 podrían verse cambios a nivel cognitivo que pueden resultar benéficos para quienes lo realizan. La percepción (musical o no musical) es el primer paso para el contacto con el exterior por lo que un mejor funcionamiento perceptivo incide directamente en los siguientes niveles del funcionamiento cognitivo. El estudio de la música, como fenómeno neuropsicológico, ha cobrado relevancia, pues provee información valiosa con respecto a una gran variedad de procesos.

Las conclusiones sobre las consecuencias de la formación musical a lo largo de la vida tienen amplias implicaciones, por lo que se puede utilizar como una herramienta de rehabilitación para ciertas patologías neurológicas y/o psiquiátricas, además de considerar como un posible factor de protección sobre el deterioro cognitivo. Generalmente, se realizan estudios de cómo mejora la atención y memoria para estímulos musicales, pero no hay demasiados estudios sobre posibles beneficios ante estímulos que no sean musicales viendo sus implicaciones en la vida cotidiana.

Referencias bibliográficas

- ALOSSA, N. & CASTELLI, L. 2009. Amusia and musical functioning. *European Neurology* 61(5): 269-277.
- ARIAS, M. 2007. Music and neurology. *Neurología* 22(1): 39-45.
- BERMÚDEZ, P.; LERCH, J. P.; EVANS, A. C. & ZATORRE, R. J. 2009. Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry. *Cerebral Cortex* 19(7): 1583-1596.
- CASARES, N.; TORRES, M. B.; WALSH, S. F. & GONZÁLEZ-SANTOS, P. 2013. Modelo de cognición musical y amusia. *Neurología* 28(3): 179-186.

- 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.
- CHAN, A. S.; HO, Y. C. & CHEUNG, M. C. 1998. Music training improves verbal memory. *Nature* 396(6707): 128.
- CLAYTON, K. K.; SWAMINATHAN, J.; YAZDANBAKHS, 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.
- COGO, H.; BRANDAO, C.; PLOUBIDIS, G.; MARI, J. 2013. Pathway evidence of how musical perception predicts word-level reading ability in children with reading difficulties. *Plosone* 8(12): e84375.
- DARWIN, C. 1909. El origen del hombre. Valencia: Siempre editores. Disponible en: https://medicina.ufm.edu/images/7/7c/Elorigendelhombre_POR_CHARLES_DARWIN.pdf
- DAWN, L.; MERRETT, D. L. & WILSON, S. J. 2011. Music and Neural Plasticity. Lifelong Engagement with Music. Chapter 7. En: Rickard, N. *Lifelong Engagement with Music. Benefits for Mental Health and Well-Being* (p. 123-161). Nova Science Publishers Inc., New York.
- GASER, C. & SCHLAUG, G. 2003. Brain structures differ between musicians and non-musicians. *Journal of Neurosciences* 23(27): 9240-9245.
- GÓMEZ, E.; OSTROSKY, F. & PRÓSPERO, O. 2003. Desarrollo de la atención, la memoria y los procesos inhibitorios: relación temporal con la maduración de la estructura y la función cerebral. *Revista de Neurología* 37(6): 561-567.
- GRIMAULT, S.; NOLDEN, S.; LEFEBVRE, C.; VACHON, F.; HYDE, K.; PERETZ, I.; ZATORRE, R.; ROBITAILLE, N. & JOLICOEUR, P. 2014. Brain activity is related to individual differences in the number of items stored in auditory short-term memory for pitch: Evidence from magnetoencephalography. *Neuroimage* 94: 96-106.

- HYDE, K. L.; LERCH, J.; NORTON, A.; FORGEARD, M.; WINNER, E.; EVANS, A. C. & Schlaug G. 2009. The effects of musical training on structural brain development a longitudinal study. *Annals of the New York. Academy Sciences* 1169: 182-186.
- 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.
- 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.
- LEE, D. J.; CHEN, Y. & SCHLAUG, G. 2003. Corpus callosum: musician and gender effects. *NeuroReport* 14(2): 205-209.
- LI, S.; HAN, Y.; WANG, D.; YANG, H.; FAN, Y.; LV, Y.; ... & HE, Y. 2009. Mapping surface variability of the central sulcus in musicians. *Cerebral Cortex* 20(1): 25-33.
- MANSENS, D.; DEEG, J. H. & COMIJS, H. C. 2017. The association between singing or playing a musical instrument and cognitive functions in older adults. *Aging & Mental Health* 22(8): 970-977.
- MATHIAS, B.; TILLMANN, B. & PALMER, C. 2016. Sensory, Cognitive, and sensorimotor learning effects in recognition memory for music. *Journal of cognitive neuroscience* 28(8): 1111-1126.
- MERRETT, D. L.; PERETZ, I. & WILSON, S. J. 2013. Moderating variables of music training-induced neuroplasticity: a review and discussion. *Frontiers in Psychology* 4: 606.
- MIENDLARZEWSKA, E. & TROST, W. 2014. How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in Neuroscience* 7(279).
- OSTROSKY, F.; GÓMEZ, E.; ARDILA, A.; ROSSELLI, M.; PINEDA, D. & MATUTE, E. 2012. *Neuropsi. Atención y memoria. Protocolo de aplicación*. 2ª edición. Manual Moderno, México.

- PATEL, A. D. 2003. Language, music, syntax and the brain. *Nature Neuroscience* 6(7): 674-681.
- PENHUNE, V. B. 2011. Sensitive periods in human development: evidence from musical training. *Cortex* 47(9): 1126-1137.
- PERETZ, I. & COLTHEART, M. 2003. Modularity of music processing. *Nature Neuroscience* 6(7): 688- 691.
- PERETZ, I.; CUMMINGS, S. & DUBE, M. 2007. The genetics of congenital amusia (tone deafness): a family-aggregation study. *American Journal of Human Genetics* 81(3): 582-588.
- PINKER, S. 1997. How the Mind Works. Disponible en: <https://es.scribd.com/document/334416408/steven-pinker-1997-how-the-mind-works-pdf>
- PROVERBIO, A.; OZZI, M.; ORLANDI, A. & CARMINATI, M. 2017. Error-related negativity in the skilled brain of pianists reveals motor simulation. *Neuroscience* 346: 309-319.
- RODRIGUEZ, A. C.; LOUREIRO, M. & CARAMELLI, P. 2014. Visual memory in musicians and non-musicians. *Frontiers in Human Neuroscience* 8(424): 1-10.
- SÄRKÄMÖ, T.; TERVANIEMI, M.; SOINILA, S.; AUTTI, T.; SILVENNOINEN, H.; LAINE, M.; HIETANEN, M. & PIHKO, E. 2010. Auditory and cognitive deficits associated with acquired amusia after stroke: a magnetoencephalography and neuropsychological follow-up study. *Nature Neurosciennce* 5(12): 1-12.
- SCHLAUG, G.; NORTON, A.; OVERY, K. & WINNER, E. 2005. Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060(1): 219-230.
- SORIA, G.; DUQUE, P. & GARCÍA, M. 2011. Música y cerebro: Fundamentos neurocientíficos y trastornos musicales. *Revista de Neurología* 52(1): 45-55.
- 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: M. A. Arbib (Ed). *Language, Music, and the Brain: A mysterious*

relationship. Massachusetts Institute of Technology and the Frankfurt Institute for Advances Studies (p. 289-306).

WATANABE, D.; SAVION-LEMIEUX, T. & PENHUNE, V. B. 2007. The effect of early musical training on adult motor performance: evidence for a sensitive period in motor learning. *Experimental Brain Research* 176(2): 332-340.