

Contribuciones de la neurociencia de la música al ámbito educativo

MIRIAM ALBUSAC-JORGE (Universidad de Granada)

2014. *Cuadernos de Etnomusicología* N°4

Palabras clave: Música, cerebro, neurociencia, educación, procesamiento cerebral.

Keywords: Music, brain, neuroscience, education, brain processing.

Cita recomendada:

Albusac-Jorge, Miriam. 2014. "Contribuciones de la neurociencia de la música al ámbito educativo". *Cuadernos de Etnomusicología*. N°4. <URL> (Fecha de consulta dd/mm/aa)



Esta obra está sujeta a la licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada 4.0 España de Creative Commons. Puede copiarla, distribuirla y comunicarla públicamente siempre que cite su autor y la revista que lo publica (*Cuadernos de Etnomusicología*), agregando la dirección URL y/o un enlace a este sitio: www.sibetrans.com/etno/. No la utilice para fines comerciales y no haga con ella obra derivada. La licencia completa se puede consultar en: http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International license. You can copy, distribute, and transmit the work, provided that you mention the author and the source of the material (Cuadernos de Etnomusicología), either by adding the URL address of the article and/or a link to the web page: www.sibetrans.com/etno/. It is not allowed to use the work for commercial purposes and you may not alter, transform, or build upon this work. You can check the complete license agreement in the following link: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>

CONTRIBUCIONES DE LA NEUROCIENCIA DE LA MÚSICA AL ÁMBITO EDUCATIVO

Miriam Albusac-Jorge

Resumen

El presente texto pretende exponer y analizar las principales contribuciones realizadas hasta ahora por la neurociencia de la música, en relación con el ámbito educativo.

Entre estas aportaciones, destacar que la enseñanza musical continuada facilita la neurogénesis, así como la regeneración y reparación de nervios cerebrales. Además, produce cambios estructurales en el volumen de sustancia gris de diversas áreas del cerebro como son -entre otras- las cortezas motora y somatosensorial, el giro de Heschl y otras regiones temporales, o el cerebelo. También altera la densidad del cuerpo calloso -haz de fibras que interconecta los dos hemisferios, y cuyo crecimiento conlleva un mayor y más rápido intercambio de información entre ambos-. La práctica musical conlleva igualmente una diferenciación funcional, y consecuencia de todo ello, cambios cognitivos asociados.

En este texto se recopilan las informaciones que aluden a este respecto, con el objetivo de evidenciar la necesidad de que la materia musical se incluya, con una importante carga lectiva, en todos los niveles educativos.

Palabras clave: Música, cerebro, neurociencia, educación, procesamiento cerebral.

Abstract

This paper presents and analyzes the main contributions made by the neuroscience of music in relation to education.

Among these contributions, music education facilitates the neurogenesis and also it regenerates and repairs brain nerves. In addition it produces structural changes in volume of gray matter in different brain areas, namely: motor and somatosensorial cortex, Heschl's gyrus and temporal areas, or cerebellum. Moreover, it alters the density of the corpus callosum -fiber which interconnects the two hemispheres; Corpus callosum growth leads to higher growth and more

rapid exchange of information between both-. Musical training leads to functional differentiation and cognitive changes.

This text collects above mentioned information. The objective is to show the importance of music to be included at all educational levels, with a significant workload.

Keywords: Music, brain, neuroscience, education, brain processing.

Introducción

Aunque el conocimiento científico del cerebro se encuentra en evolución constante, la complejidad de este órgano aún nos sitúa distantes a la comprensión completa de los mecanismos neurológicos que están en la base de las diversas funciones cerebrales. A pesar de ello, en la actualidad la música se ha posicionado como un estímulo crucial para este entendimiento, debido a su capacidad para activar gran parte de nuestro encéfalo.

La Neurociencia de la Música es la disciplina encargada de estudiar la forma en que se produce esta activación, así como otras cuestiones afines: posibles modificaciones de nuestro encéfalo ocasionadas por la música, forma en que ésta se procesa, estructuras implicadas, interconexión entre ellas, etcétera.

A continuación se exponen y analizan los resultados de algunas de las investigaciones fruto de este campo de estudio, incluyendo aportaciones bibliográficas realizadas por la comunidad científica española, que cada vez de forma más clara se está interesando por estas cuestiones. Esta exposición destaca el potencial que la materia neurocientífica nos brinda en relación al aprendizaje y estudio de la música, y subraya las implicaciones que estos datos suponen para el currículo de la materia de Música en la Enseñanza General.

Plasticidad cerebral

Hasta hace tan sólo unas décadas se tenía la creencia de que el Sistema Nervioso Central se mantenía inalterable tras concluir su desarrollo, y esta imperturbabilidad se conservaba de por vida, a no ser que el sistema fuera aquejado de un proceso degenerativo (Nieto Sampedro 2003: 72). Sin

embargo, la experimentación posterior mutó este concepto, demostrando la existencia de una capacidad de adaptación funcional al medio, de cambios relacionados con el aprendizaje y de reorganización (Stewart 2008: 304).

En la actualidad, una de las características definitorias de nuestro sistema nervioso es precisamente su plasticidad; es decir, su capacidad de modificación. Han sido numerosas las definiciones dadas al concepto, pero la mayoría de ellas tienen un elemento común: aluden a cambios funcionales o estructurales. Los procesos de plasticidad han sido muy investigados en modelos animales; sin embargo, el estudio de las permutaciones neurales que se producen en los humanos ha sido más complicado. A pesar de ello, técnicas como la imagen por resonancia magnética (MRI), tomografía por emisión de positrones (PET), o magnetoencefalografía (MEG), permiten en buena medida examinar estos procesos. En relación a la música, gracias al uso de estas herramientas se ha podido indagar minuciosamente sobre las diferencias ocasionadas por la formación y práctica musical a largo plazo. Las diferencias encontradas indican que ésta correlaciona de manera positiva con determinadas capacidades cognitivas y, a su vez, provoca cambios en la morfología y funcionalidad del cerebro, es decir, induce reestructuración cerebral.

Música y educación: investigaciones neurocientíficas

Habilidades cognitivas

Resulta lógico pensar que un entrenamiento constante en cualquier faceta, mejora sustancialmente las habilidades dentro de ese dominio. Como cabría esperar, así ocurre con la música. Relacionadas con la práctica instrumental, se han reportado mejoras en las habilidades de discriminación auditiva y motricidad fina (Forgeard 2008: 1), procesamiento tonal tanto en la música como en el lenguaje hablado (Schön 2004: 341), así como en la imaginación auditiva, tanto musical como no musical (Aleman 2000: 1664). En lo que se refiere a los lenguajes tonales, se ha sugerido que las personas que han ejercitado la práctica musical muestran una codificación más fiel de la información lingüística tonal en comparación con los no instruidos, cuestión que

podría ofrecer explicaciones a la capacidad que presentan algunos músicos para el aprendizaje de idiomas (Wong 2007: 420-421).

Sin embargo, la investigación también ha demostrado que el entrenamiento musical mejora, a largo plazo, funciones cognitivas no musicales. Los estudios realizados para dar confirmación a esta hipótesis parten del entrenamiento musical -clases de música en general, de canto, o aprendizaje de algún instrumento en particular-, observando posteriormente cuál es el desempeño en otras habilidades (Estévez 2008: 195).

Son muchos los autores que reivindican una posición de preferencia para la música en la educación, en base a las mejoras observadas con su práctica. En este sentido, Mara Dierssen, doctora en neurobiología e investigadora española de subrayado prestigio, refleja en uno de sus artículos:

Intelectualmente, la música desarrolla la capacidad de atención y favorece la imaginación y la capacidad creadora; estimula la habilidad de concentración y la memoria a corto y largo plazo y desarrolla el sentido del orden y del análisis. Facilita el aprendizaje al mantener en actividad las neuronas cerebrales y ejercita la inteligencia, ya que favorece el uso de varios razonamientos a la vez al percibir diferenciadamente sus elementos y sintetizarlos en la captación de un mensaje integrado, lógico y bello. (Dierssen 2009: 17)

En los mismos términos que Dierssen, Barbro Johansson, planteaba algunos años antes que los factores involucrados en la formación musical, como son la coordinación motora bimanual, la lectura musical, el entrenamiento auditivo, la memoria, la atención y la concentración, pueden transferirse hacia dominios no musicales, tales como el lenguaje, las matemáticas o el razonamiento espacial (Johansson 2006: 57). También el doctor Martin F. Gardiner está convencido de que la enseñanza musical y artística bien definida puede producir grandes mejoras en otros campos de aprendizaje, como la lectura y las matemáticas (Gardiner 1996: 284). Así se resume uno de sus experimentos:

En la etapa preescolar, el grupo de prueba tenía un rendimiento bajo en matemáticas; sólo algo menos del 30% había superado la media nacional en las pruebas de matemáticas, frente a casi el 70% en el grupo de control. En cambio, un año después,

tras haber seguido el programa especial artístico y musical, el 75% del grupo de prueba superaba la media nacional, frente al 50% en el caso del grupo de control. (Masood 1996).

La investigación ha demostrado efectos a largo plazo en las habilidades verbales y visuoespaciales, principalmente (Schlaug 2005: 219). Respecto al rendimiento verbal, algunos estudios concluyen que el entrenamiento musical en la infancia puede tener efectos positivos a largo plazo sobre la memoria verbal (Chan 1998: 128), tanto de trabajo como en la memoria a largo plazo (Franklin 2008: 353). Igualmente se ha sugerido una mejora en el vocabulario, el razonamiento no verbal (Forgeard 2008: 1), y la conciencia fonológica (Norton 2005: 124).

En lo que se refiere a las habilidades visuoespaciales, se ha encontrado que una formación musical práctica a largo plazo puede conllevar una mejora de las mismas (Brochard 2004: 103; Sluming 2007: 3799). También se han encontrado mejoras en la memoria (Jakobson 2008: 41) y atención visuales (Rodríguez 2013: 229). Algunos hallazgos han mostrado también mejoras en ciertas habilidades matemáticas, pero muchas de estas conclusiones están aún discutiéndose y sometiéndose a experimentación.

En resumen, la práctica musical supone una transferencia hacia la mejora de los dominios visuales y verbales, entre otras, optimizando el procesamiento visuoespacial, la memoria visual y verbal, la atención visual, las capacidades óculo-motoras y otras destrezas que transversalmente propician el aprendizaje del resto de materias. No obstante, las mejoras a corto plazo son pequeñas, lo que supone una de las razones por las que la inclusión de la música en los planes de estudios debería ser periódica y continua a través del tiempo, evitando ceses en su impartición o discontinuidad en determinados niveles educativos.

De otro lado, señalar que todas estas cuestiones relacionadas con las mejoras cognitivas promovidas por la música son aún una esfera de debate abierto, en la que se necesita más investigación -principalmente de tipo longitudinal y no de correlaciones-, ya que no todos los estudios apuntan hacia las mismas conclusiones.

Sin embargo, la importancia de la música va más allá. Las mejoras reportadas, aunque importantes, podrían llegar a conseguirse a través del entrenamiento de otras actividades no musicales. Pero la música, por ser un estímulo que en su procesamiento y ejecución involucra la acción de gran parte de nuestro sistema encefálico, puede además modificar la configuración cerebral, e incluso sus funciones, sobre todo en los dominios auditivos y motores, cuestiones que serán tratadas a continuación.

Neurogénesis

El término neurogénesis se define como la formación de nuevas células nerviosas, un proceso que se ve propiciado por el fenómeno musical. Neysa Navarro Fernández, licenciada en medicina y doctora en neurociencias, con motivo de su disertación doctoral, realizó una investigación con embriones de ratón, para analizar cómo influye la música en células cerebrales, probando la generación de nuevas células.

La música como agente físico, es decir, como energía transmitida a través de ondas sonoras, es capaz de inducir modificaciones específicas en el comportamiento de precursores neuronales de cerebro de embrión de ratón, en el sentido de mejorar la supervivencia celular, activar su replicación y favorecer la diferenciación neuronal. (Navarro Fernández 2010: 123)

Entre los experimentos realizados por Navarro Fernández, uno de ellos muestra cómo tres cultivos de células de mesencéfalo -procedentes de embriones de ratón-, cada uno de ellos expuesto a unas condiciones ambientales diferentes, siguen una evolución de mortandad totalmente distinta. En las situaciones experimentales en que estas células se ven expuestas a ruido ambiental o a silencio, el índice de muerte celular es el doble del producido cuando la condición experimental es la exposición a música. Por tanto, esos datos “revelan que la música como estímulo físico aplicado a las células mesencefálicas en cultivo mejora significativamente la supervivencia celular con respecto a las condiciones de silencio y ruido”, mientras que “el estímulo sonoro no organizado –ruido- no ejerce efectos positivos sobre la supervivencia celular” (Navarro Fernández 2010: 73). Al mismo tiempo, se

observa una diferencia significativa en la formación de nuevas células neuronales cuando las células están expuestas al estímulo musical. Por tanto, se puede afirmar que, en este tipo de cultivos, la música disminuye la apoptosis, al mismo tiempo que facilita la neurogénesis.

Investigaciones con hipótesis similares han sido llevadas a cabo en humanos, con idénticas conclusiones¹: neurogénesis debida a la música, así como regeneración y reparación de nervios cerebrales (Fukui y Toyoshima 2008: 766).

Asimetrías estructurales derivadas de la práctica musical

La búsqueda de los correlatos anatómicos subyacentes a las habilidades especiales data de finales del siglo XIX. En este periodo histórico, se realizaban estudios *postmortem* de los cerebros de las personas con talento, con el objetivo de buscar pistas, huellas o cualquier rastro que explicara el porqué de sus valoradas habilidades (Stewart 2008: 304). Una de las figuras pioneras en el estudio de la morfología cerebral en relación con la música fue Siegmund Auerbach, quien a comienzos del siglo XX llegó a demostrar que ciertas áreas de la corteza cerebral auditiva, en concreto la circunvolución temporal de Heschl, tenía un tamaño mayor en músicos que en el resto de personas sin formación musical (Martí i Vilalta 2010: 30).

Desde entonces, se han descrito diversas diferencias de tipo estructural en las personas con formación musical. A grandes rasgos y en niveles generales, se ha encontrado que en las personas no instruidas musicalmente, el hemisferio izquierdo suele ser algo mayor que el derecho, mientras que esta asimetría es significativamente menos marcada en músicos profesionales (Dawson 2011: 66). A niveles más concretos, se han hallado diferencias anatómicas principalmente en el cuerpo calloso (Steel 2013: 1282), las cortezas motora, premotora y somatosensorial (Gaser 2003: 9242), el lóbulo temporal-especialmente en la corteza auditiva-, el cerebelo (Hutchinson 2003: 943), así como en otras zonas frontales y parietales (Wan y Schlaug 2010: 574). Estas diferencias estructurales se atribuyen a la práctica musical. La

¹ En el artículo “Hacia la transdisciplinariedad en las investigaciones musicológicas: las contribuciones realizadas por la neurociencia de la música”, se referencian algunos de estos estudios y otros similares, que apoyan la misma línea argumentativa.

estructura del cerebro empieza a cambiar después de tan sólo 15 meses de práctica musical en la infancia temprana (Hyde 2009: 183).

Existen, por tanto, modificaciones de la morfología cerebral, macroscópicas y microscópicas, relacionadas con la música. Entre las primeras tenemos el aumento de la sustancia gris en determinadas zonas cerebrales como la corteza cerebral primaria motora y sensitiva, la corteza primaria auditiva del lóbulo temporal, la circunvolución frontal inferior izquierda, el cuerpo calloso y el cerebelo. Entre las modificaciones microscópicas tenemos el aumento en el número de células gliales, de capilares y de sinapsis, en la corteza motora primaria, en el lóbulo temporal y en el cerebelo (Martí i Vilalta 2010: 30).

Cuerpo calloso

La morfometría del cuerpo calloso ha sido de gran interés para los estudios que examinan las asimetrías cerebrales entre músicos y no músicos. Las principales razones de este interés corresponden al papel del cuerpo calloso en la funcionalidad general. En primer lugar, se trata un haz de fibras nerviosas recubiertas con mielina, que conforman la principal vía de conexión entre los dos hemisferios cerebrales. Por tanto, su funcionamiento está estrechamente relacionado con la comunicación e integración de información interhemisférica: un aumento del volumen del cuerpo calloso se relaciona con un mayor y más rápido intercambio de información entre ambos hemisferios (Schlaug 2006: 284).

Varios estudios han indagado sobre la posibilidad de que la temprana e intensiva práctica musical pueda generar cambios estructurales en la anatomía del cuerpo calloso. Este planteamiento subraya el hecho de iniciar los estudios musicales en periodos tempranos, ya que existen evidencias de que la maduración funcional y estructural de este haz de fibras se extiende hasta finales de la infancia o los inicios de la adolescencia temprana (Schlaug 2006: 284-285). Los resultados encontrados muestran que la mitad anterior del cuerpo calloso es significativamente mayor en músicos, y además, el volumen de esta mitad anterior es más acusado en los músicos que inician su formación musical precozmente -antes de los siete años de edad-, en comparación con los que comienzan más tarde (Schlaug 1995: 1047).

Estas diferencias constatadas podrían deberse bien a un aumento en el número de fibras que atraviesan el cuerpo calloso; a la presencia de axones de mayor tamaño; a la formación de axones colaterales (Schlaug, 2006: 285) o al aumento de la mielinización -axones con vainas de mielina más gruesas- (Schalug 2009: 207).

Sin embargo, siempre podría albergarse la duda de si esas transformaciones son consecuencia de la formación musical, o preexistían con anterioridad. Los estudios longitudinales mitigan estas dudas a todos los efectos. En una investigación llevada a cabo por Schlaug y colaboradores, se midió el tamaño del cuerpo calloso de un conjunto de niños de siete años, a través de Imagen de Tensor de Difusión (DTI), una técnica de resonancia magnética utilizada para estudiar los tractos de sustancia blanca. Tras las mediciones, no encontraron diferencias en esta línea base. Este conjunto de niños fue dividido posteriormente en tres grupos, según la formación que recibirían en adelante: mucha práctica musical, poca práctica musical y controles -sin instrucción musical-. Después de veintinueve meses de entrenamiento instrumental, cuando los niños tenían nueve años, se volvieron a realizar las mediciones. El tiempo de exposición a la práctica interpretativa predijo el grado de cambio del cuerpo calloso, por lo se puede afirmar que, en este caso, las diferencias morfológicas son debidas a la práctica musical y no a diferencias previas (Schlaug 2009: 205).

Corteza motora

La corteza motora se encarga de la planificación y el control de los movimientos voluntarios, así como de su ejecución. Diversos estudios han encontrado diferencias de asimetría –entre músicos y no iniciados- en las áreas que la integran (Amunts 1997: 206). Al igual que en el cuerpo calloso, se ha reportado un mayor volumen de materia gris en regiones motoras y sensoriomotoras (Han 2009: 3) (Pascual-Leone 2001: 326), así como en la corteza somatosensorial (Gaser y Schlaug 2003: 9242) (Gaser y Schlaug 2006: 516), encargada de la recepción de estímulos sensoriales -tacto, temperatura, etc.-.

Lóbulo temporal

Sorprendentemente, los cambios estructurales producidos por la práctica musical no se limitan al plano motor, sino que involucran también las áreas auditivas (Peretz y Zatorre 2005: 103). Se han evidenciado diferencias en la concentración de materia gris en la corteza auditiva derecha, entre músicos y no músicos (Bermúdez y Zatorre 2005: 395). Las investigaciones de Siegmund Auerbach, mencionadas con anterioridad, sobre la circunvolución de Heschl – cuyas funciones están relacionadas con el procesamiento lingüístico y musical (Dawson 2011: 67)-, han podido constatarse a través de técnicas de neuroimagen. Existe una mayor concentración de materia gris en esta circunvolución –entre otras áreas temporales- en músicos profesionales (Schneider 2002: 688; Bermudez 2009: 1583).

En resumen, toda una serie de cambios morfológicos que implican directamente un funcionamiento más eficaz en determinados dominios: posibilidad de una comunicación más fluida entre un hemisferio y otro; planificación y ejecución más precisa de los movimientos voluntarios; mejoras en la integración de la información sensitiva y motora; respuestas más exactas ante estímulos sensoriales; o ventajas en el procesamiento de la información auditiva.

Diferencias funcionales

Evidentemente, los cambios en la estructura llevan asociadas modificaciones funcionales: estudios por imagen han demostrado, que el cerebro de los músicos expertos responde funcionalmente de forma diferente a determinados tipos de estímulos que los cerebros de los no músicos (Pantev 2001: 169). Un mayor volumen de tejido puede traducirse en una reorganización, que a su vez puede manifestarse de diferentes formas: diferencia efectiva de conectividad con otras regiones, sincronización de patrones, respuestas más tempranas y duraderas, uso de estrategias desiguales para un procesamiento particular, etcétera, y todo ello refleja diferencias en las medidas funcionales (Peretz y Zatorre 2005: 103).

Según las consecuencias educativas que se derivan de todos estos hallazgos, son muchos los autores que piensan que la neurociencia

proporciona argumentos sólidos en contra de la continua escasez de financiación pública de la materia de Música.

Conclusiones: el currículo de la enseñanza musical

En consonancia con los datos expuestos, la formación musical tiene una clara influencia en la organización cerebral. La Neurociencia de la Música proporciona argumentos sólidos, empíricos y cuantificables en pro de la defensa de la enseñanza de la música. Y advirtiendo los cambios legislativos en materia de educación que están teniendo lugar, merece la pena reflexionar acerca del importante papel que juega la música en la estructura y funcionalidad de nuestro encéfalo.

La presencia de la música en el currículo educativo ha ido cambiando con cada reforma educativa que se ha realizado en España. Mientras que la Ley General de Educación (1970) excluía la música del programa de Educación General Básica (EGB), y contemplaba únicamente su impartición durante el primer curso del Bachillerato Unificado Polivalente (BUP), la LOGSE (1990) y la LOE (2006) indujeron importantes modificaciones al respecto. Éstas incluyeron la música en todos los cursos de educación primaria y en los dos primeros cursos de educación secundaria (ESO). Además, la LOGSE también incluía la obligatoriedad de la música en 3º de ESO, y ambas contemplaban la optatividad de la materia tanto en 4º de ESO como en 2º de bachillerato. Sin embargo, esta distribución curricular era aún exigua debido a la insuficiente carga lectiva semanal para la materia, así como a su ausencia en determinados niveles, lo que suponía una interrupción de su continuidad. Con la llegada de la LOMCE (2013), la situación se torna dramática. La música deja de ser materia obligada y el hecho de que se imparta o no depende de la regulación y programación de las propias administraciones educativas, o de la oferta que los centros docentes quieran proporcionar.

La enseñanza de la música debería convertirse en uno de los pilares fundamentales, no sólo de nuestro sistema educativo, sino de nuestra sociedad al completo. Ésta ha sido una lucha constante de los intelectuales a lo largo de nuestra historia, pero lamentablemente aún no se ha tomado conciencia de ello. Por citar tan sólo unos ejemplos, Conrado del Campo y Zabaleta, en su discurso con motivo de su recepción como integrante de la Academia de Bellas

Artes de San Fernando (1932), habló de la importancia social de la música, y ya apuntaba la necesidad de intensificar su cultivo en España (Del Campo y Zabaleta 1932), una reivindicación constante que nunca ha cesado. Medio siglo después de este discurso, las palabras del premio Nobel de medicina en 1981, Torsten N. Wiesel, señalaban la necesidad de la concreción de la presencia musical en los planes de estudios generales:

“Nuestro sistema educativo es tan rígido que sólo permite un desarrollo parcial del cerebro” [...]. Se refería a lo tardíamente que se pone en contacto a los niños con [...] el arte o la música, menospreciando su capacidad de aprendizaje. (Argos 1991)

Grandes figuras de la neurociencia apoyan estas aseveraciones. Norman M. Weinberger declara que el argumento de que el arte y la música son adornos “no tiene apoyo objetivo alguno”. Resume diciendo: “Se debería alentar a los profesores a incluir o aumentar la docencia musical en el aula” (Jensen 2004: 62). Por su parte, Donald Hodges, en su artículo *Why study music?*, manifiesta cómo la mayor parte de los sistemas educativos se han centrado en las capacidades mentales del lenguaje y las matemáticas, en detrimento de otras potencialidades (Hodges 2005: 112). Sin embargo, la inteligencia humana tiene otras capacidades además de las citadas, entre las que se encuentra la musical. Por esta razón, y en base a los conocimientos actuales de la mente desde la neurociencia cognitiva, expresa que es imprescindible que la música forme parte activa y primordial del currículo escolar, permitiendo a los estudiantes desarrollar todas sus capacidades, dentro de todos los sistemas de conocimiento. En sus propias palabras, “si el propósito de la educación consiste en desarrollar sistemáticamente la mente y las capacidades de cada niño, está claro que la música juega un papel único y necesario” (Hodges 2005: 115).

Para concluir este texto, y parafraseando a Lauren Stewart y Aaron Williamon, señalar que la neurociencia aún tiene mucho que ofrecer al conocimiento teórico y pedagógico de los aspectos prácticos de la enseñanza y el aprendizaje de la música, y que el potencial que la disciplina neurocientífica nos brinda es ahora mayor que nunca (Stewart y Williamon 2008: 177). Además, ésta abre la puerta a otros campos hasta ahora inexplorados, que

ponen de manifiesto la importancia de la música en aspectos muy variados de nuestra configuración como seres humanos.

Bibliografía

Aleman, André *et alii*. 2000. "Music training and mental imagery ability". *Neuropsychologia* 38 (12): 1664-1668.

Amunts, Katrin *et alii*. 1997. "Motor cortex and hand motor skills: structural compliance in the human brain". *Human Brain Mapping* 5 (3): 206-215.

Argos, Lucía. 1991. "Los beneficios de un buen crucigrama: el nobel Wiesel insiste en el perjuicio de la pasividad frente al televisor". *El País* http://www.elpais.com/articulo/sociedad/PREMIO_NOBEL/beneficios/buen/crucigrama/elpepisoc/19910223elpepisoc_10/Tes [Consulta: 3 de julio de 2014].

Bermudez, Patrick; Zatorre, Robert J. 2005. "Differences in gray matter between musicians and non-musicians". *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060 (1): 395-399.

Bermudez Patrick *et alii*. 2009. "Neuroanatomical correlates of musicianship as revealed by cortical thickness and voxel-based morphometry". *Cerebral cortex* 19 (7): 1583-1596.

Brochard, Renaud *et alii*. 2004. "Effect of musical expertise on visuospatial abilities: evidence from reaction times and mental imagery". *Brain and cognition* 54 (2): 103-109.

Chan, Agnes S. *et alii*. 1998. "Music training improves verbal memory", *Nature* 396:128.

Dawson, William J. 2011. "How and why musicians are different from non-musicians: a bibliographic review". *Medical problems of performing artists* 26 (2): 65-78.

Del Campo y Zabaleta, Conrado. 1932. *Importancia social de la música y necesidad de intensificar su cultivo en España: discurso leído en su acto de recepción*. Madrid: Academia de Bellas Artes de San Fernando.

Dierssen Sotos, Mara. 2009. "La música: ¿Un impulso básico o un elemento clave en el cerebro?". *SD Revista Medica Internacional sobre el Síndrome de Down* 13 (2): 17.

Estévez, Ángeles F. *et alii*. 2008. "Efecto Mozart y entrenamiento musical". *El cerebro musical*, editado por Diego Alonso Cánovas, Ángeles F. Estévez y Fernando Sánchez-Santed. Almería: editorial de la Universidad de Almería: 185-203.

Forgeard, Marie *et alii*. 2008. "Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and non verbal reasoning". *Plos One* 3 (10): e3566, 1-8.

Franklin, Michael S. *et alii*. 2008. "The effects of musical training on verbal memory". *Psychology of music* 36 (3): 353-365.

Fukui, Hajime; Toyoshuma, Kumiko. 2008. "Music facilitate the neurogenesis, regeneration and repair of neurons". *Medical Hypotheses*. 71(5): 765-769.

Gardiner, Martin F. *et alii*. 1996. "Learning improved by arts training". *Nature* 381: 284.

Gaser, Christian; Schlaug, Gottfried. 2003. "Brain structures differ between musicians and non-musicians". *Journal of Neuroscience* 23 (27): 9240–9245.

Gaser, Christian; Schlaug, Gottfried. 2006. "Gray matter differences between musicians and non-musicians". *Annual review of psychology* 999 (1): 514-517.

Han, Ying *et alii*. 2009. "Gray matter density and white matter integrity in pianists' brain: a combined structural and diffusion tensor MRI study". *Neuroscience letters* 459 (1): 3-6.

Hodges, Donald A. 2005. "Why study music". *International Journal of Music Education* 23 (2): 111-115.

Hutchinson, Siobhan *et alii*. 2003. "Cerebellar volume of musicians". *Cerebral Cortex* 13 (9): 943-949.

Hyde, Krista L. *et alii*. 2009. "The effects of musical training on structural brain development". *Annals of the New York Academy of Sciences* 1169 (1): 182-186.

Jakobson, Lorna S. *et alii*. 2008. "Memory for verbal and visual material in highly trained musicians". *Music perception* 26 (1): 41-55.

Jensen, Eric. 2004. *Cerebro y aprendizaje: Competencias e implicaciones educativas*. Madrid: Narcea.

Johansson, Barbro B. 2006. "Music and brain plasticity". *European Review* 14 (1): 49-64.

Martí i Vilalta, Josep Lluís. 2010. *Música y neurología*. Barcelona: Lunwerg.

Masood, Ehsan. 1996. "Una Buena educación musical mejora el aprendizaje de las matemáticas". *El País*

http://www.elpais.com/articulo/sociedad/buena/educacion/musical/mejora/aprendizaje/matematicas/elpepisoc/19960604elpepisoc_28/Tes [Consulta: 3 de julio de 2014].

Navarro Fernández, Neysa. 2010. *Caracterización y cuantificación de la influencia de la música como agente físico sobre el comportamiento de células madre neurales embrionarias en cultivo* [Tesis online]. Universidad de Valladolid <http://uvadoc.uva.es/bitstream/10324/782/1/TESIS85-110102.pdf> [Consulta: 6 de julio de 2014].

Nieto Sampedro, Manuel. 2003. "Plasticidad neural". *Mente y cerebro* (4): 72-80.

Norton, A. *et alii*. 2005. "Are there pre-existing neural, cognitive, or motoric markers for musical ability?". *Brain and cognition* 59 (2): 124-134.

Pantev, Christo *et alii*. 2001. "Timbre-specific enhancement of auditory cortical representations in musicians". *Neuroreport* 12 (1): 169-174.

Pascual-Leone, Álvaro. 2001. "The brain that plays music and is changed by it". *Annals of the New York Academy of Sciences* 930, 2001, p. 315-329.

Peretz, Isabelle; Zatorre, Robert J. 2005. "Brain Organization for Music Processing". *Annual review of psychology* 56: 89-114.

Rodríguez, Ana C. *et alii*. 2013. "Long-term musical training may improve different forms of visual attention ability". *Brain and cognition* 82 (3): 229-235.

Schlaug, Gottfried *et alii*. 1995. "Increased corpus callosum size in musicians". *Neuropsychologia* 33 (8): 1047-1055.

Schlaug, Gottfried *et alii*. 2005. "Effects of music training on the child's brain and cognitive development". *Annals of the New York Academy of Sciences* 1060: 219-230.

Schlaug, Gottfried. 2006. "The brain of musicians: a model for functional and structural adaptation". *Annals of the New York Academy of Sciences* 930 (1): 281-299.

Schlaug, Gottfried *et alii*. 2009. "Training-induced neuroplasticity in young children", *Annals of the New York Academy of Sciences* 1169: 205-208.

Schneider, Peter *et alii*. 2002. "Morphology of Heschl's gyrus reflects enhanced activation in the auditory cortex of musicians". *Nature neuroscience* 5 (7): 688-694.

Schön, Daniele *et alii*. 2004. "The music of speech: music training facilitates pitch processing in both music and language". *Psychophysiology* 41 (3): 341-349.

Sluming, Vanessa. *et alii*. 2007. "Broca's area supports enhanced visuospatial cognition in orchestral musicians". *The journal of neuroscience* 27 (14): 3799-3806.

Stewart, Lauren. 2008. "Do musicians have different brains?". *Clinical medicine* 8 (3): 304-308.

Stewart, Lauren; Williamon, Aaron. 2008. "What are the implications of neuroscience for musical education?". *Educational Research* 50 (2): 177-186.

Wan, Catherine Y.; Schlaug, Gottfried. 2010. "Music making as a tool for promoting brain plasticity across the life span". *Neuroscientist* 16 (5): 566-577.

Wong, Patrick C.M. *et alii*. 2007. "Musical experience shapes human brainstem encoding of linguistic pitch patterns". *Nature Neuroscience* 10 (4): 420-422.