

RESUMEN

Durante las últimas décadas se ha avanzado en el estudio de la cognición y la música. En este sentido, se ha descubierto que habilidades generadas por la formación musical, son transferibles a otras capacidades o funciones cognitivas. Algunos de los hallazgos, señalan que estas modificaciones son producidas a nivel cerebral, pero en ellos no se hace la distinción acerca del rol que posee el cuerpo en desarrollo de dichos procesos. El objetivo de esta revisión es proponer los fundamentos que relacionan el aprendizaje musical, desde una perspectiva de la cognición corporizada y la neurociencia, con los cambios que se producen en otras funciones cognitivas, destacando la importancia que tiene la educación musical y el desarrollo de investigación aplicada en el área.

ABSTRACT

During the last decades progress has been made in the study of music and cognition. In this sense, it has been discovered that music skills are transferable to other cognitive abilities or functions. Some findings refer to changes produced at the brain level, nevertheless do not distinguish about the role of the body during musical learning. The main of this review is to propose the fundamentals that relate musical learning, from an embodied and neuroscience perspective, with the changes that occur in other cognitive functions, highlighting the importance of music education and the development of applied research in the area.

Palabras clave: Música, Cognición Corporizada, Neurociencia.

Keywords: Music, Embodied Cognition, Neuroscience.

Aprendizaje musical y funciones cognitivas:
Perspectivas desde la Neurociencia y la Cognición Corporizada
Pp. 114 a 131

APRENDIZAJE MUSICAL Y FUNCIONES COGNITIVAS: PERSPECTIVAS DESDE LA NEUROCIENCIA Y LA COGNICIÓN CORPORIZADA

Dra. Noemí Grinspun Siguelnitzky
Universidad Metropolitana de Ciencias de la Educación

Dr. Carlos Poblete Lagos
*Universidad de O'Higgins**
Chile

Introducción

La Neurociencia en Educación es un campo relativamente nuevo y se ha ido desarrollando gracias a los avances en el estudio del sistema nervioso por medio de técnicas de imagen, como la Resonancia Magnética Funcional y el electroencefalograma (EEG)¹, así como por uso de sensores biométricos. A pesar de los avances antes mencionados, aún falta que la investigación neurocientífica se acerque metodológicamente al aula, a través de la construcción de modelos de investigación que puedan ser realizados en terreno o en simulaciones que se acerquen más a la práctica educativa².

La música constituye una actividad compleja que requiere de práctica constante e involucra la capacidad de integración sensoriomotora, aprendizaje, memoria y funciones ejecutivas. Además, puede ser realizada tanto de manera individual, como también colectiva. Esta última característica favorece la interacción y colaboración entre quienes participan, impactando positivamente en el desarrollo de formas de cohesión social³.

* Correos electrónicos noemi.grinspun@umce.cl carlos.poblete@uoh.cl Artículo recibido el 2/11/2018 y aceptado por el comité editorial el 12/12/2018

¹ Düvel, Nina, Anna Wolf y Reinhard Kopiez (2017) 'Neuromyths in Music Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers and Students', *Frontiers in Psychology*, 8, pp 1–12

² Puebla, Ricardo y M. Paz Talma (2011) 'Educación y Neurociencias: La Conexión Que Hace Falta', *Estudios Pedagógicos (Valdivia)*, 37(2), pp 379–88

³ Glowinski, Donald, Fabrizio Bracco, Carlo Chiorri y Didier Grandjean (2016) 'Music Ensemble as a Resilient System. Managing the Unexpected through Group Interaction', *Frontiers in Psychology*, 7, pp 1–7

Debido a su alta demanda cognitiva, (en términos de las habilidades sensoriomotoras comprometidas al momento de su realización), la práctica musical constituye un modelo ideal para el estudio de las modificaciones que ocurren a nivel cerebral⁴. Dichos cambios son conocidos como plasticidad, la cual ocurre en regiones tales como la corteza auditiva, motora y sensoriomotora, así como en regiones subcorticales.

Entre los efectos cognitivos producidos por el aprendizaje musical, se ha observado un aumento de la sensibilidad auditiva en niños⁵, así como también en sus habilidades verbales, lo que se ve reflejado – por ejemplo - en el aprendizaje de una segunda lengua. De esta forma, las personas que han aprendido música en edades tempranas, logran adquirir y comprender las reglas del lenguaje y su sintaxis más rápidamente⁶, además de presentar una mejor capacidad de razonamiento general⁷. Por lo tanto, los efectos de la música no solo influyen sobre las habilidades propias del interpretar un instrumento o escuchar música, si no que serían transferibles a otras funciones cognitivas, característica que no ha sido observada de la misma forma en otras actividades⁸.

En general el abordaje que se ha utilizado para estudiar los efectos del aprendizaje musical, no ha considerado el paradigma del aprendizaje corporizado, el cual extiende la aproximación de la “cognición en la percepción” y la reemplaza por la “cognición en la acción”⁹. El abordaje que más se ha utilizado, ha privilegiado la idea de que el conocimiento musical “debe estar en la mente”, y que toda acción sería una herramienta que coadyuva a la internalización del proceso¹⁰.

Por otra parte, el campo de la educación musical y neurociencia resulta ser un espacio relativamente nuevo y amplio, que logra derribar en parte los mitos y prejuicios que aún existen en el área, los cuales consideran a la clase de educación musical como una entretención, sin observar la complejidad de los procesos que ocurren en un aula cuando se aprende música.

En el presente artículo se analizarán las modificaciones que genera la música en el sistema nervioso, y las formas en que éstas pueden ser transferidas a

⁴ Wan, Catherine Y, y Gottfried Schlaug, (2010) ‘Music Making as a Tool for Promoting Brain Plasticity across the Life Span’, *Neuroscientist.*, 16(5), pp. 566–577.

⁵ Putkinen, Vesa (2015) ‘Promises of Formal and Informal Musical Activities in Advancing Neurocognitive Development throughout Childhood’, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337(1), pp. 153–162

⁶ Milovanov, Riia (2011) “The Interplay between Musical and Linguistic Aptitudes : A Review”, *Frontiers in Psychology*, 2, pp. 1–6.

⁷ Miendlarzewska, Ewa A. y Wiebke J. Trost (2014) “How Musical Training Affects Cognitive Development: Rhythm, Reward and Other Modulating Variables”, *Frontiers in Neuroscience*, 7(8), pp. 1–18.

⁸ Miendlarzewska y Trost. (2014) ‘How Musical Training... pp. 1–18.

⁹ Nijs, Luc, Pieter- Jan Maes y Edith Van Dyck (2017) “What Is Embodied Music Cognition ?” *Running Head : Embodied music cognition*, pp. 4-25

¹⁰ Shifres, Favio (2015) “El Pensamiento Musical En El Cuerpo”, *Epistemus*, pp. 45–56.

otras funciones (tanto cognitivas como sensoriomotoras), por medio de una revisión exhaustiva de la literatura que trata sobre los aspectos neurobiológicos del aprendizaje musical, desde una perspectiva que pone relevancia en que el aprendizaje es corporizado. Concluye el presente trabajo con una descripción de las dificultades metodológicas para investigar en el área, y el levantamiento de posibles espacios de acción para futuros estudios.

Aprendizaje corporizado:

El concepto de “*Embodiment*” o corporización, considera que la cognición humana no se puede separar del cuerpo¹¹. La razón y las emociones, fueron en la modernidad grandes protagonistas de discusiones suscitadas en el escenario de la filosofía, donde el afán por comprender al “Ser Humano” hizo de éstos, actores antagónicos de un conflicto que terminó con la separación del cuerpo y la mente y con la instauración del régimen de la razón sobre las emociones¹². Según los investigadores en el área del *embodiment cognition* (Cognición corporizada), no solo habitamos nuestro cuerpo, sino que, literalmente, lo usamos para pensar con él¹³. Lo anterior se basa en la multimodalidad de las neuronas espejo, neuronas de las regiones pre-motoras y parietales que se activan tanto cuando se realiza un acto motor, como cuando se está planificando el mismo acto, pero sin llevarlo a cabo¹⁴.

Barsalou estableció uno de los enfoques teóricos más influyentes del estudio del *Embodiment* o corporización, el que sugiere que los seres humanos utilizan sus sistemas sensoriales para crear representaciones multisensoriales de su ambiente, reutilizando aquellas estructuras cerebrales que se activan durante la percepción, cuando imaginan un objeto o una acción. Reforzando la misma idea, se ha propuesto que el sistema sensoriomotor se encuentra relacionado causalmente con el procesamiento del contenido del lenguaje relacionado con actos motores. De acuerdo a lo anterior, el procesamiento del lenguaje re-crearía (“*re-enact*”) la experiencia sensorio-motora, emocional y la experiencia¹⁵. Uno de los grandes conceptos que se han debatido ha sido cómo elementos específicos del lenguaje, tales como los sustantivos y los verbos re-crean la experiencia de la interacción con los objetos y las acciones. Se propone para ello la participación de dos grandes grupos de neuronas, las neuronas espejo y las neuronas canónicas. Las neuronas canónicas se activan cuando se observan objetos que

¹¹ Tran, Cathy, Brandon Smith y Martin Buschkuehl (2017) “Support of Mathematical Thinking through Embodied Cognition : Nondigital and Digital Approaches”, *Cognitive Research: Principles and Implications*, 2, pp. 2-18.

¹² Quebradas, Angrino y David Alberto (2011) “El error de descartes. La Emoción, La Razón y El Cerebro Humano”, *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 5, pp. 173-178.

¹³ Seitz, Jay A (2000) “The Bodily Basis of Thought”, *New Ideas in Psychology*, 18, pp 23–40.

¹⁴ Rizzolatti, Giacomo y Laila Craighero (2004) “The mirror -neuron system”, *Annu. Rev. Neurosci.* 27, pp 169-192.

¹⁵ Barsalou, Lawrence W (2008). “Grounded Cognition”, *Annu. Rev. Psychol.*, 59, pp 617-645.

pueden ser manipulados, o al observar acciones dirigidas hacia un objeto. En cambio, las neuronas espejo se activan cuando se realiza una acción orientada a una meta específica, así como cuando la misma acción específica es observada, por ejemplo tomar un vaso de agua para beber. Se demostró usando Resonancia Magnética Funcional, con un enfoque de patrón multivariado, que las neuronas canónicas y las neuronas espejo tienen funciones separadas en la distinción entre los objetos y las acciones, o dicho de otra manera, entre los sustantivos y los verbos respectivamente. Lo anterior demuestra neurobiológicamente la teoría de la corporización del lenguaje¹⁶.

Basándose en el concepto de corporización de la cognición, los investigadores en educación han comenzado a desarrollar intervenciones, buscando que el logro de aprendizajes sea facilitado a través del procesamiento multisensorial¹⁷. En esa misma línea, en la actualidad se han desarrollado otras formas de transmisión del conocimiento, basadas en los entornos digitales que utilizan la percepción, la interacción y la retroalimentación o *feedback* (Aprendizaje perceptuo-motor), donde el contenido de lo que se aprende no cambia, pero sí la forma en la cual el aprendizaje ocurre, permitiendo una mayor capacidad de mantener la atención, filtrar información relevante de la no relevante y una mayor activación de la red fronto-parietal, cuando la demanda atencional aumenta¹⁸.

El paradigma de la cognición musical corporizada se basa en una serie de conceptos, tales como: el cuerpo como un mediador, el repertorio de gestos/acción, el ciclo acción-percepción y el vínculo entre las experiencias subjetivas; tales como las intenciones, expresiones, emociones y empatía¹⁹. El aprendizaje de la música, desde la perspectiva corporizada, busca por una parte aumentar la conciencia del propio cuerpo de quien aprende y de quien enseña, así como cambiar el paradigma de enseñanza más centrada en el profesor, por uno más centrado en el estudiante²⁰. La influencia recíproca entre el movimiento y la percepción, así como la activación de las áreas motoras del cerebro durante la percepción del ritmo, se consideran como una de las bases de la cognición musical corporizada.

¹⁶ Horoufchin, Houpan, Danilo Bzdok, Giovanni Buccino, Anna M. Borghi y Ferdinand Binkofski (2018) "Action and Object Words Are Differentially Anchored in the Sensory Motor System - A Perspective on Cognitive Embodiment", *Scientific Reports*, 8(1), pp 1-11.

¹⁷ Skulmowski, Alexander y Günter Daniel Rey (2018), "Embodied Learning : Introducing a Taxonomy Based on Bodily Engagement and Task Integration", *Cognitive Research: Principles and Implications*, 3, pp 1-10.

¹⁸ Davidson, Richard y Daphne Bavelier (2013). Games to do you good, *Nature*, 494, pp. 425-426.

¹⁹ Leman, Marc (2012) "Musical gestures and embodied cognition", *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, pp. 5-7; Maes, Pieter-Jan, y Marc Leman (2013). "The Influence of Body Movements on Children ' s Perception of Music with an Ambiguous Expressive Character" *PLoS One*, 8(1), pp. 1-11.

²⁰ Bremmer, Melissa, Luc Nijs, and Jaco Van Den Dool (2018) "Singewing Space. An Augmented Blended-Learning Approach to Learning Music.", pp. 3-81.

Música y plasticidad en el sistema nervioso

Durante toda la vida se pueden generar modificaciones en nuestro sistema nervioso, lo que se conoce como plasticidad. Estos cambios pueden ser estructurales o funcionales y son modificaciones que se producen como resultado tanto de la influencia de los genes, como por la experiencia. La gran diversidad de habilidades y conductas generadas en nuestro sistema nervioso, derivan de la influencia tanto de la genética como del ambiente, lo que incluye la exposición a diferentes estímulos durante toda la vida. Una actividad compleja como la música, que involucra diferentes funciones cognitivas y sensoriomotoras, constituye una práctica clave en el desarrollo de plasticidad.

Los cambios plásticos en el sistema nervioso se pueden producir tanto a corto, como a largo plazo²¹. Debido a las características de la práctica musical – la cual requiere de una ejecución repetitiva de tareas motoras y sensoriales –, se generan modificaciones en las regiones cerebrales relacionadas con dichas funciones, aumentando el volumen de la sustancia gris de la corteza somatosensorial, corteza premotora, corteza parietal superior y temporal inferior, lo cual se correlaciona positivamente con el nivel de experiencia de los músicos²².

Entre las modificaciones que se generan por la música, además de las anteriormente mencionadas, podemos encontrar un incremento en la conectividad entre diferentes regiones del cerebro. En pianistas, aumenta el volumen del cuerpo caloso, específicamente en el istmo, región que comunica las cortezas auditivas, así como en la región del cuerpo caloso que comunica los lóbulos frontales, relacionada con la capacidad de generar secuencias motoras²³ y en el fascículo arqueado, fibras que conectan regiones auditivas y motoras²⁴. Una de las dificultades con las que se ha encontrado el estudio de los cambios plásticos del cerebro que serían producto de la práctica musical, es distinguir si éstos obedecerían a capacidades innatas o si efectivamente, resultan ser consecuencia de la práctica musical. Para dilucidar estas cuestiones, fue realizado un estudio acerca de los efectos del aprendizaje de un instrumento durante la infancia, demostrando que la realización de una práctica musical durante 15 meses, produjo un aumento en el volumen de las cortezas motoras y auditivas, así como un aumento del volumen del cuerpo caloso²⁵.

²¹ Wan and Schlaug (2010). "Music Making as a Tool..." pp. 566–577

²² Gaser, Christian y Gottfried Schlaug (2003). "Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians", *The Journal of Neuroscience*, 23(27), pp. 9240–9245.

²³ Barrett, Karen Chan, Richard Ashley, Dana L. Strait, y Nina Kraus (2013) 'Art and Science: How Musical Training Shapes the Brain', *Frontiers in Psychology*, 4, pp. 1–13.

²⁴ Hallam, Susan (2010). "The Power of Music : Its Impact on the Intellectual, Social and Personal Development of Children and Young People", *International Journal of Music Education*, 28(3), pp. 269-289; Schlaug, Gottfried (2011). "Effects of Practice and Experience on the Arcuate Fasciculus : Comparing Singers, Instrumentalists, and Non-Musicians", *Frontiers in Psychology*, 2, pp. 1–9.

²⁵ Hyde, Krista L. Jason Lerch, Andrea Norton, Marie Forgeard, Ellen Winner, Alan C. Evans, Gottfried Schlaug (2009). "The Effects of Musical Training on Structural Brain Development: A Longitudinal Study", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, pp. 182–186.

Si bien se puede observar cambios o modificaciones estructurales en el sistema nervioso, cabe preguntarse entonces, cuáles serían las consecuencias funcionales de dichas modificaciones y cómo estos cambios pueden verse reflejados en un aprendizaje musical o también favorecer el desarrollo de otras habilidades cognitivas, como la memoria, atención o las funciones ejecutivas.

Los efectos de la música en la consolidación de memoria

La memoria constituye una función de gran relevancia para los seres humanos y la podemos clasificar según su temporalidad, en memoria sensorial, de corto plazo y de largo plazo. La memoria de largo plazo, a su vez, se divide en memoria declarativa o explícita y no declarativa o implícita. La memoria declarativa depende del lóbulo temporal medial, incluido el hipocampo y es aquella que permite la recolección consciente de hechos y eventos, por lo tanto, permite representar el mundo externo y construir nuestra biografía²⁶. Se ha propuesto que la memoria declarativa se consolida o pasa a ser memoria de largo plazo durante el sueño, más específicamente, durante el sueño de ondas lentas²⁷. La música también genera efectos positivos sobre los procesos de consolidación de memoria: en un estudio que se centró específicamente en la capacidad de memorizar palabras en dos modalidades: cantada y hablada, se estableció que la modalidad utilizada para aprender las palabras influye en la capacidad de recordarlas, siendo mayor con la modalidad cantada que con la modalidad hablada. A la luz de estos resultados, se propuso una teoría acerca de la adquisición de nuevas palabras, la que dependería del hipocampo y del lóbulo temporal medial, puesto que, luego de un periodo de consolidación, esta información se transferiría a la neocorteza²⁸.

Por otra parte, se ha estudiado también lo que ocurre con otros tipos de memoria, entre ellas la memoria motora en personas que han tenido experiencia musical, en comparación con personas que no han estudiado algún instrumento. Para ello, se utilizó una tarea de secuencia motora (MST) que consiste en recordar un movimiento, luego de un periodo entre el aprendizaje (test) de la secuencia motora y la prueba (*re-test*). Cada uno de los sujetos del grupo de músicos tocaba un instrumento que requiere para su ejecución de movimientos finos de los dedos de la mano izquierda (mano no dominante): guitarra, piano, saxofón alto, flauta y violín. Además, ambos grupos fueron divididos en sueño (dormían entre el *test* y *re-test*) y no sueño (no dormían entre el *test* y el *re-test*). Los músicos tuvieron un mejor rendimiento en el *re-test* luego de 12 horas

²⁶ Bird, Chris M and Neil Burgess (2008). "The Hippocampus and Memory: Insights from Spatial Processing.", *Nature Reviews. Neuroscience*, 9(3), pp. 182-194.

²⁷ Björn, Rasch and Jan Born (2013). "About Sleep's Role in Memory.", *Physiological Reviews*, 93.2, 681-766.

²⁸ Davis, Matthew H and others (2010). "Europe PMC Funders Group Learning and Consolidation of Novel Spoken Words", *Journal of Cognitive Neuroscience* 21(4), pp.803-820.

posterior al test comparado con los no músicos, en ambas condiciones, hubiesen dormido o no (Tucker et al., 2016). Lo anterior es relevante, tomando en cuenta que las habilidades motoras finas son cruciales en la vida diaria y además investigaciones recientes han demostrado que estas habilidades motoras en niños, se correlacionan con un incremento en las habilidades académicas, como la lectura y las matemáticas²⁹.

Música y Funciones ejecutivas

Las funciones ejecutivas, constituyen varios procesos cognitivos, que permiten una conducta independiente y autorregulación, las que a su vez dependen de un circuito neural en el que la corteza prefrontal es central, constituyendo un constructo que involucra la capacidad de inhibición, resolución de problemas, conducta orientada a metas, y la capacidad de mantener información para ser utilizada en la memoria de trabajo. De acuerdo al Centro del Desarrollo del Niño de la Universidad de Harvard, las funciones ejecutivas y la autorregulación dependen de tres funciones cerebrales estrechamente relacionadas: la memoria de trabajo, flexibilidad mental y control inhibitorio³¹.

Se ha propuesto algunas cualidades, que probablemente serían importantes para desarrollar las funciones ejecutivas antes descritas en los niños: creatividad, flexibilidad y auto-control³². Además existen ambientes y actividades favorables para su desarrollo, como lo son las actividades que promueven la creatividad, el aprender a manejar el estrés, así como aquellas que involucran el ejercicio físico³³. El hecho de que aprender a tocar un instrumento requiera de una alta demanda de la memoria de trabajo, por el procesamiento de claves visuales, auditivas y táctiles a la vez, generó el interés de varios investigadores en dilucidar, cómo el aprendizaje musical pudiese generar cambios en las funciones ejecutivas.

Un grupo de niños, que tenían entre 4 y 6 años, participó en un programa de educación musical diseñado por Sylvain Moreno, que consiste en una combinación de tareas motoras, perceptuales y cognitivas, que además incluyen actividades que abarcan la altura, ritmo, melodía, voz y conceptos musicales básicos. Posteriormente, se evaluaron las funciones ejecutivas y el grupo que había recibido el programa musical tuvo un efecto positivo sobre éstas, así como en una prueba de habilidades verbales³⁴.

²⁹ Tucker, Matthew A., Nam Nguyen, and Robert Stickgold (2016). "Experience Playing a Musical Instrument and Overnight Sleep Enhance Performance on a Sequential Typing Task", *PLoS One*, 11(7), pp. 1-10.

³⁰ Diamond, Adele (2012). "Executive Functions". *Annual Review of Psychology*, 64, pp. 135-168.

³¹ PREDA-ULIȚĂ, Anca (2016). "Improving Children's Executive Functions by Learning to Play a Musical Instrument.", *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series VIII: Performing Arts*, 9(2), pp. 85-90.

³² Diamond. (2012). "Executive Functions..." pp. 135-168.

³³ PREDA-ULIȚĂ. (2016). "Improving Children's Executive Functions..." pp. 85-90.

³⁴ Moreno, Sylvain, Ellen Bialystok, Raluca Barac, E Glenn Schellenberg, Nicholas J Cepeda, Tom Chau (2012). "Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function", *Psychological science*, 22(11), pp. 1425-1433.

La improvisación musical en el aula

La improvisación constituye una de las formas creativas más complejas, debido a que involucra la capacidad de realizar varios procesos simultáneamente, tales como generar y evaluar secuencias rítmicas y melódicas³⁵. Además, requiere la capacidad de coordinarse con otros, siendo una actividad multidimensional, la que involucra habilidades como la capacidad de memoria, codificación perceptual y control motor³⁶. La improvisación permite modelar y adaptarse a diferentes circunstancias, ajustes que requieren de retroalimentación (*feedback*), realizándose ajustes en la medida que se va interpretando. El *feedback* involucra diferentes procesos de monitorización acerca de lo que va ocurriendo durante la interpretación³⁷. La improvisación ofrece la posibilidad de unir el aprendizaje formal e informal de la música, permitiendo adquirir una educación musical holística, mezclando el entrenamiento auditivo, teoría musical y el aprendizaje en un ambiente lleno de estímulos. Lo anterior hace sentido en una aproximación corporizada del aprendizaje musical, la que se ha extendido progresivamente, desde la percepción y la cognición, hacia áreas relacionadas con la emoción, recompensa, motivación e interacción social³⁸. Incluir la improvisación en la educación musical temprana sería muy ventajoso para los estudiantes, debido a que involucra distintos procesos cognitivos y aumenta la coordinación de habilidades complejas³⁹.

El ritmo y su relación con las habilidades cognitivas

Sincronizarse con el ritmo, constituye una actividad que involucra procesos complejos, los que incluyen una red de regiones cerebrales como las áreas auditivas, motoras y prefrontales. La sincronización temporal al ritmo requiere de una fina precisión temporal del sistema auditivo⁴⁰. La mayor parte de la actividad musical se basa en el ritmo y se ha propuesto que sería uno de los aspectos principales de los efectos positivos generados por la práctica musical⁴¹.

El ritmo se encuentra asociado al movimiento, lo que ha sido comprobado

³⁵ Beaty, Roger E (2015). "The Neuroscience of Musical Improvisation", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 51, pp. 108–117.

³⁶ Biasutti, Michele (2017). "Teaching Improvisation through Processes. Applications in Music Education and Implications for General Education", *Frontiers in Psychology*, 8, pp. 1–8.

³⁷ Biasutti. (2017). "Teaching Improvisation..." pp. 1–8.

³⁸ Maes, Pieter-Jan (2016). "Sensorimotor Grounding of Musical Embodiment and the Role of Prediction: A Review", *Frontiers in Psychology*, 7, pp. 1–10.

³⁹ Levitin, Daniel J y Anna K Tirovolas (2009). "Current Advances in the Cognitive Neuroscience of Music", *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 231, pp. 211–231.

⁴⁰ Benchenane, K, Peyrache A, Khamassi M, Tierney PL, Gioanni Y, Battaglia FP, Wiener SI (2010). "Coherent Theta Oscillations and Reorganization of Spike Timing in the Hippocampal- Prefrontal Network upon Learning.", *Neuron*, 66(6), pp. 921–936.

⁴¹ Miendlarzewska, y Trost. (2014). "How Musical Training..." pp. 1-18

al observar que el escuchar una secuencia rítmica, incluso sin realizar un acto motor, activa las mismas regiones motoras que se activarían al moverse⁴². El encarrilamiento o “*Entrainment*” ocurre cuando los movimientos corporales se acoplan y se sincronizan con la música⁴³, lo que se logra en actividades como aplaudir, tocar un instrumento musical o bailar y donde las oscilaciones cerebrales autosostenidas se sincronizan al periodo del estímulo. Se demostró que la exactitud o la variabilidad en la capacidad de seguir una secuencia de eventos visuales o auditivos aplaudiendo podía ser modificada con el aprendizaje musical, aumentando su capacidad de anticipar la clave⁴⁴, observándose además que, cuando un movimiento es realizado junto con escuchar música (o incluso imaginándola), se activan otras regiones motoras, distintas de aquellas que se activan al realizar el movimiento sin la clave auditiva⁴⁵, lo que refuerza la idea de que el ritmo y el pulso se encuentran asociados al movimiento.

La actividad neuronal de algunas regiones cerebrales, como la corteza visual, es capaz de encarrilarse o acoplarse a la periodicidad de un estímulo con un ritmo regular, lo que corresponde a un mecanismo de selección atencional⁴⁶. A los niños que presentan dificultades con la lectura, también se les hace difícil sincronizarse con un ritmo. Se estudió la relación entre la capacidad de sincronizarse a un ritmo, con habilidades de lectura y otras habilidades tanto perceptuales, como cognitivas, encontrándose una correlación positiva entre la capacidad de sincronizarse con el ritmo y las habilidades antes mencionadas⁴⁷.

Lo anterior, refuerza la idea de que se debería tener en cuenta como estrategia didáctica, durante las clases de música, incorporar el uso de actividades musicales que involucren la sincronización con el ritmo, recordar secuencias rítmicas y desarrollar la capacidad de adaptarse a cambios en el pulso.

⁴² Levitin, Daniel J., Jessica A. Grahn, and Justin London (2017). “The Psychology of Music: Rhythm and Movement”, *Annual Review of Psychology*, 69, pp. 1–25; Gonzalez-sanchez, Victor E, Agata Zelechowska, y Alexander Refsum Jensenius (2018) ‘Correspondences Between Music and Involuntary Human Micromotion During Standstill’ *Frontiers in Psychology*, 9, pp. 1–10.

⁴³ Nozaradan, Sylvie, Michael Schwartze, and Christian Obermeier (2017). “ScienceDirect Specific Contributions of Basal Ganglia and Cerebellum to the Neural Tracking of Rhythm”, *Cortex*, 95, pp. 156–68; Nozaradan, Sylvie, Marc Schönwiesner, Peter E. Keller, Tomas Lenc, y Alexandre Lehmann (2018). “Neural Bases of Rhythmic Entrainment in Humans: Critical Transformation between Cortical and Lower-Level Representations of Auditory Rhythm”, *European Journal of Neuroscience*, 47, pp. 321–32; Nozaradan, Sylvie, Isabelle Peretz, y Peter E. Keller (2016) ‘Individual Differences in Rhythmic Cortical Entrainment Correlate with Predictive Behavior in Sensorimotor Synchronization’, *Scientific Reports*, 6(1), pp. 321–332.

⁴⁴ Levitin, Grahn, y London (2017). “The Psychology of Music...” , pp. 1-10; Herbst, Sophie K, y Ayelet N Landau (2016). “ScienceDirect Rhythms for Cognition: The Case of Temporal Processing”, *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, pp. 85–93.

⁴⁵ Schaefer, Rebecca, Alexa M. Morcom, Neil Roberts, y Katie Overy (2014). “Moving to music: effects of heard and imagined musical cues on movement-related brain activity”, *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, pp. 1-11.

⁴⁶ Lakatos, Peter, George Karmos, Ashesh D. Mehta, Istvan Ulbert, Charles E. Schroeder (2008). “Entrainment of Neuronal Oscillations as a Mechanism of Attentional Selection”, *Science*, 320(5872), pp. 110–113.

⁴⁷ Benchenane (2010). “Coherent Theta Oscillations and Reorganization...” pp. 921-936.

Conclusión y Discusión

En este artículo se muestran algunos de los efectos que el aprendizaje musical genera en diferentes niveles del sistema nervioso y que involucran al cuerpo como un mediador, tanto en la percepción de la música, como en su aprendizaje, así como en el desarrollo de funciones cognitivas.

En general, los hallazgos acerca de la transferencia de la práctica musical, hacia otras habilidades cognitivas o sensoriomotoras, han sido contradictorios. Fundamentalmente, debido a que los estudios han sido transversales o en muchos casos, cuando han sido longitudinales, han carecido de aleatorización, impactando en la consistencia y validez de los resultados obtenidos. Un avance en relación a lo expuesto anteriormente, es lo realizado por un grupo en Holanda, quienes estudiaron los efectos de las clases de educación musical en diferentes funciones cognitivas. Para ello emplearon un diseño longitudinal con aleatorización en bloque y realizaron una intervención por dos años y seis meses. Luego, con una serie de pruebas neuropsicológicas, evaluaron la inteligencia verbal y funciones ejecutivas. Encontraron que en los niños que habían recibido clases de educación musical, planificadas según el programa MOCCA (Centro Especializado en la Creación y Aplicación de Programas Basados en las Artes y Programas Educativos Generales en los Países Bajos) presentaron mejores resultados en las evaluaciones de control inhibitorio, así como en la planificación y en la inteligencia verbal⁴⁸.

A pesar de la solidez de los hallazgos presentes en los estudios antes descritos, en torno a los múltiples beneficios de la enseñanza musical para el desarrollo infantil y humano en su conjunto, pareciera ser que son serían suficientes para fundamentar la necesidad de mejorar la enseñanza musical en la escuela, la cual aún no es considerada una prioridad para el sistema educativo chileno. Esto resulta visible en la baja presencia que posee en el currículum escolar, efectiva solo en la enseñanza básica y optativa en la enseñanza media, y con un promedio de asignación de horas que oscila entre un 4,7% a 7,4% entre el primer ciclo básico, y la enseñanza media⁴⁹.

Por otra parte, la educación musical presente en la Formación Inicial Docente (FID) resulta insuficiente para alcanzar niveles mínimos de competencia en cuanto a conocimiento disciplinar y conocimiento pedagógico del contenido⁵⁰, tanto en la formación de docentes para la enseñanza básica, como también para

⁴⁸ Jaschke, Artur C (2018). "Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children", *Frontiers in Neuroscience*, 12, pp. 1-11.

⁴⁹ MINEDUC (2018). Plan de estudios para todos los niveles. Tomado de internet desde <http://www.curriculumnacional.cl/inicio/recursos/> el 24 de mayo de 2018.

⁵⁰ Shulman, Lee S. (1987). "Shulman.1987.Knowledge and Teaching", *Harvard Educational Review*, 57, 1, pp. 1-23.

la enseñanza media. En el caso de los primeros, la formación musical presente en el plan de estudios de pedagogía general básica considera el desarrollo de capacidades en educación musical al interior de una asignatura de Didáctica de la educación musical, pero sin realizar formación disciplinar previa (ya sea en ejecución, creación o apreciación musical), y, todo ello, en un lapso de tiempo que generalmente no abarca más de un semestre de formación. En el caso de la formación docente para enseñanza media, la situación se presenta en forma distinta, aún cuando los resultados resultan similares, en términos de dominio disciplinar y pedagógico del contenido. La oferta existente en FID - M para educación media, se divide actualmente en dos tipos: formación concurrente, equivalente al 73% de la oferta total existente, con 8 - 10 semestres de duración, y centrada específicamente en el área de educación musical, y la formación consecutiva, equivalente a un 27% de la oferta formativa en el área, y en la cual egresados de carreras de formación musical especializada (interpretación musical, composición, licenciatura en música) pueden acceder a programas de formación pedagógica, que confieren el título de Profesor/a de educación musical, en un lapso de entre 1 y 1,5 años.

Si consideramos las características de ambos tipos de programa, podemos observar que, mientras los primeros poseerían una formación que aborda tanto el desarrollo de capacidades y conocimientos disciplinares y pedagógicos, la segunda se sustenta principalmente en el desarrollo de capacidades musicales, en desmedro de capacidades de formación especializadas en el dominio de conocimiento pedagógico disciplinar, a lo que se suma que tradicionalmente la educación musical ha evolucionado en contextos no corporizados, considerando el aprendizaje solo como un proceso mental, sin tomar en cuenta que la acción y la percepción juegan un rol central en el desarrollo cognitivo, por lo tanto son inseparables⁵¹.

Aún falta que la evidencia existente en el campo científico pueda ser considerada en el diseño de políticas educativas, y en la integración de enfoques que permitan darle más relevancia al aprendizaje y enseñanza de las artes como disciplinas fundamentales para el desarrollo individual y colectivo. Parte de esta carencia se sustenta además en factores ambientales, socioculturales e históricos, como por ejemplo, las escasas instancias de formación continua y perfeccionamiento para el profesorado de la disciplina (especialmente, en aspectos que profundicen en conocimientos y capacidades sobre procesos de aprendizaje musical formal e informal, y su correlato en el desarrollo cognitivo humano), la falta de programas de postgrado centrados en formar investigadores en educación musical, y la escasez de investigaciones en educación musical

⁵¹ Osgood-campell, Elisabeth (2015). "Investigating the Educational Implications of Embodied Cognition: A Model Interdisciplinary Inquiry in Mind , Brain , and Education Curricula", *Mind Brain and Education*, 9(1), pp. 3-9.

en Chile, las cuales dependen más bien de iniciativas individuales, que de la implementación de esfuerzos institucionales que fomenten la creación de núcleos de investigación en el área⁵².

Finalmente, el presente estudio permite avizorar interesantes puntos de cruce para futuras iniciativas de investigación, especialmente, en el desarrollo de perspectivas que conectan aprendizaje, cuerpo y cognición, con las características socioculturales y ambientales que facilitan o dificultan el logro de aprendizajes significativos en música. Puntos de cruce que, a través de colaboraciones inter y/o transdisciplinarias, permitan explorar en el estudio de las relaciones entre aprendizajes musicales, cognición y contextos socio culturales, en contextos informales, en el aula, y en los procesos de formación inicial docente de música.

⁵² Poblete, Carlos (2012). *Producción de conocimiento en la formación de profesores de música en Chile: un estudio exploratorio*. Anais XXII Congreso de ANPOMM, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, Brasil; Poblete, C. (2016). *Profesores de música en Chile y sus repertorios: contextos de origen, formación universitaria y prácticas de enseñanza*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Educación. Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile.

Bibliografía

- Barrett, Karen Chan, Richard Ashley, Dana L. Strait, and Nina Kraus (2013). "Art and Science: How Musical Training Shapes the Brain", *Frontiers in Psychology*, 4, 1–13.
- Barsalou, Lawrence W (2008). "Grounded Cognition", *Annu. Rev. Psychol.*, 59, pp 617-645.
- Beaty, Roger E (2015). "The Neuroscience of Musical Improvisation", *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*, 51, pp. 108–117.
- Benchenane, K, Peyrache A, Khamassi M, Tierney PL, Gioanni Y, Battaglia FP, Wiener SI (2010). "Coherent Theta Oscillations and Reorganization of Spike Timing in the Hippocampal- Prefrontal Network upon Learning.", *Neuron*, 66(6), pp. 921–936.
- Biasutti, Michele (2017). "Teaching Improvisation through Processes. Applications in Music Education and Implications for General Education", *Frontiers in Psychology*, 8, pp. 1–8.
- Bird, Chris M, and Neil Burgess (2008). "The Hippocampus and Memory: Insights from Spatial Processing.", *Nature Reviews. Neuroscience*, 9, pp. 182–94.
- Björn, Rasch and Jan Born (2013). "About Sleep's Role in Memory.", *Physiological Reviews*, 93.2, 681–766.
- Bremmer, Melissa, Luc Nijs, y Jaco Van Den Dool (2018). "Singewing Space. An Augmented Blended-Learning Approach to Learning Music.", pp. 3-81.
- Davis, Matthew H and others (2010). "Europe PMC Funders Group Learning and Consolidation of Novel Spoken Words", *Journal of Cognitive Neuroscience* 21(4), pp.803–820.
- Diamond, Adele (2012). "Executive Functions", *Annual Review of Psychology*, 64, pp. 135-168.
- Düvel, Nina, Anna Wolf y Reinhard Kopiez (2017). "Neuromyths in Music Education: Prevalence and Predictors of Misconceptions among Teachers and Students", *Frontiers in Psychology*, 8, pp 1–12.
- Gaser, Christian y Gottfried Schlaug (2003). "Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians", *The Journal of Neuroscience*, 23(27), pp. 9240–9245.

- Glowinski, Donald, Fabrizio Bracco, Carlo Chiorri, y Didier Grandjean (2016). "Music Ensemble as a Resilient System. Managing the Unexpected through Group Interaction", *Frontiers in Psychology*, 7, pp. 1-7.
- Gonzalez-sanchez, Victor E, Agata Zelechowska, y Alexander Refsum Jensenius (2018). "Correspondences Between Music and Involuntary Human Micromotion During Standstill" *Frontiers in Psychology*, 9, pp. 1-10.
- Hallam, Susan (2010). "The Power of Music : Its Impact on the Intellectual , Social and Personal Development of Children and Young People", *International Journal of Music Education*, 28(3), pp. 269-289;
- Herbst, Sophie K, y Ayelet N Landau (2016). "ScienceDirect Rhythms for Cognition : The Case of Temporal Processing", *Current Opinion in Behavioral Sciences*, 8, pp. 85-93
- Horoufchin, Houpan, Danilo Bzdok, Giovanni Buccino, Anna M. Borghi y Ferdinand Binkofski (2018). "Action and Object Words Are Differentially Anchored in the Sensory Motor System - A Perspective on Cognitive Embodiment", *Scientific Reports*, 8(1), pp 1-11.
- Hyde, Krista L. Jason Lerch, Andrea Norton, Marie Forgeard, Ellen Winner, Alan C. Evans, Gottfried Schlaug (2009). "The Effects of Musical Training on Structural Brain Development: A Longitudinal Study", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169, pp. 182-186.
- Jaschke, Artur C (2018). "Longitudinal Analysis of Music Education on Executive Functions in Primary School Children", *Frontiers in Neuroscience*, 12, pp. 1-11.
- Lakatos, Peter, George Karmos, Ashesh D. Mehta, Istvan Ulbert, y Charles E. Schroeder (2008). "Entrainment of Neuronal Oscillations as a Mechanism of Attentional Selection", *Science*, 320, pp. 110-113.
- Leman, Marc (2012). "Musical gestures and embodied cognition", *Actes des Journées d'Informatique Musicale*, pp. 5-7.
- Levitin, Daniel J., Jessica A Grahn, and Justin London (2017). "The Psychology of Music : Rhythm and Movement", *Annual Review of Psychology*, 69, pp. 1-25
- Levitin, Daniel J y Anna K Tirovolas (2009). "Current Advances in the Cognitive Neuroscience of Music", *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, 231, pp. 211-231.

- Maes, Pieter-Jan (2016). "Sensorimotor Grounding of Musical Embodiment and the Role of Prediction : A Review", *Frontiers in Psychology*, 7, pp. 1–10.
- Maes, Pieter-Jan, y Marc Leman (2013). "The Influence of Body Movements on Children ' s Perception of Music with an Ambiguous Expressive Character" *PloS One*, 8(1), pp. 1-11.
- Miendlarzewska, Ewa A. y Wiebke J. Trost (2014). "How Musical Training Affects Cognitive Development: Rhythm, Reward and Other Modulating Variables", *Frontiers in Neuroscience*, 7(8), pp. 1–18.
- MINEDUC (2018). Plan de estudios para todos los niveles. Tomado de internet desde <http://www.curriculumnacional.cl/inicio/recursos/> el 24 de mayo de 2018.
- Milovanov, Riia (2011). "The Interplay between Musical and Linguistic Aptitudes : A Review", *Frontiers in Psychology*, 2, pp. 1–6.
- Moreno, Sylvain, Ellen Bialystok, Raluca Barac, E Glenn Schellenberg, Nicholas J Cepeda, Tom Chau (2012). "Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function", *Psychological science*, 22(11), pp. 1425-1433.
- Nijs, Luc, Pieter- Jan Maes y Edith Van Dyck (2017). "What Is Embodied Music Cognition ?" *Running Head : Embodied music cognition*, pp. 4-25
- Nozaradan, Sylvie, Michael Schwartze, and Christian Obermeier (2017). "ScienceDirect Specific Contributions of Basal Ganglia and Cerebellum to the Neural Tracking of Rhythm", *Cortex*, 95, pp. 156–68.
- Nozaradan, Sylvie, Marc Schönwiesner, Peter E. Keller, Tomas Lenc, y Alexandre Lehmann (2018). "Neural Bases of Rhythmic Entrainment in Humans : Critical Transformation between Cortical and Lower-Level Representations of Auditory Rhythm", *European Journal of Neuroscience*, 47, pp. 321–32.
- Nozaradan, Sylvie, Isabelle Peretz, y Peter E. Keller (2016). "Individual Differences in Rhythmic Cortical Entrainment Correlate with Predictive Behavior in Sensorimotor Synchronization", *Scientific Reports*, 6(1), pp. 321-332.
- Osgood-campell, Elisabeth (2015). "Investigating the Educational Implications of Embodied Cognition : A Model Interdisciplinary Inquiry in Mind , Brain , and Education Curricula", *Mind Brain and Education*, 9(1), pp. 3–9.

- Poblete, Carlos (2012). 'Producción de conocimiento en la formación de profesores de música en Chile: un estudio exploratorio'. *Anais XXII Congresso de ANPOMM, Associação Nacional de Pesquisa e Pós-Graduação em Música, Brasil*.
- Poblete, C. (2016). *Profesores de música en Chile y sus repertorios: contextos de origen, formación universitaria y prácticas de enseñanza*. Tesis para obtener el grado de Doctor en Ciencias de la Educación. Facultad de Educación, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- PREDA-ULIȚĂ, Anca (2016). "Improving Children's Executive Functions by Learning to Play a Musical Instrument.", *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series VIII: Performing Arts*, 9, pp. 85–90.
- Puebla, Ricardo, and M. Paz Talma (2011). "Educación y Neurociencias: La Conexión Que Hace Falta", *Estudios Pedagógicos*, 37, pp. 379–88.
- Putkinen, Vesa, Mari Tervaniemi, Katri Saarikivi, and Minna Huotilainen (2015). "Promises of Formal and Informal Musical Activities in Advancing Neurocognitive Development throughout Childhood", *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1337, pp. 153–62.
- Quebradas, Angrino y David Alberto (2011). "El error de descartes. La Emoción, La Razón y El Cerebro Humano", *Cuadernos de Neuropsicología / Panamerican Journal of Neuropsychology*, 5, pp 173-178.
- Rasch, Björn, and Jan Born (2013). "About Sleep's Role in Memory.", *Physiological Reviews*, 93, pp. 681–766.
- Rizzolatti, Giacomo y Laila Craighero (2004). "The mirror -neuron system", *Annu. Rev. Neurosci.* 27, pp 169-192.
- Schaefer, Rebecca, Alexa M. Morcom, Neil Roberts, y Katie Overy (2014). "Moving to music : effects of heard and imagined musical cues on movement-related brain activity", *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, pp. 1-11.
- Schlaug , Gottfried (2011). "Effects of Practice and Experience on the Arcuate Fasciculus : Comparing Singers , Instrumentalists , and Non-Musicians", *Frontiers in Psychology*, 2, pp. 1–9.
- Seitz, Jay A (2000). "The Bodily Basis of Thought", *New Ideas in Psychology*, 18, pp 23–40.