

## Plasticidad cerebral y entrenamiento musical en infantes. Una revisión sistemática

Brain plasticity and musical training in infants. A systematic review

María Angélica Benítez

[mariabenitez@conicet.gov.ar](mailto:mariabenitez@conicet.gov.ar)

Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva. Centro de Estudios Multidisciplinarios en Sistemas Complejos y Ciencias del Cerebro, Instituto de Ciencias Físicas, Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Buenos Aires, Argentina  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5231-8430>

Redes sociales: Facebook: [maria.angelica.btz](https://www.facebook.com/maria.angelica.btz). Instagram: [maria.abtz](https://www.instagram.com/maria.abtz)

Verónica Díaz Abrahan

[abrahanveronika@conicet.gov.ar](mailto:abrahanveronika@conicet.gov.ar)

Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva. Centro de Estudios Multidisciplinarios en Sistemas Complejos y Ciencias del Cerebro, Instituto de Ciencias Físicas, Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Buenos Aires, Argentina  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5003-4274>

Redes sociales: Facebook: [LINC.UNSAM](https://www.facebook.com/LINC.UNSAM). Instagram: [linc.unsam](https://www.instagram.com/linc.unsam)

Nadia Justel

[nadiajustel@conicet.gov.ar](mailto:nadiajustel@conicet.gov.ar)

Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva. Centro de Estudios Multidisciplinarios en Sistemas Complejos y Ciencias del Cerebro, Instituto de Ciencias Físicas, Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín. Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. Buenos Aires, Argentina  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0145-3357>

Redes sociales: Facebook: [LINC.UNSAM](https://www.facebook.com/LINC.UNSAM). Instagram: [linc.unsam](https://www.instagram.com/linc.unsam)

doi: 10.7203/LEEME.47.20376

Recibido: 12-02-2021 Aceptado: 19-05-2021. Contacto y correspondencia: Nadia Justel. Laboratorio Interdisciplinario de Neurociencia Cognitiva. Centro de Estudios Multidisciplinarios en Sistemas Complejos y Ciencias del Cerebro, Instituto de Ciencias Físicas, Escuela de Ciencia y Tecnología, Universidad de San Martín, Labo Cluster, 1 Piso, Of. 18, 25 de mayo 1169, B1650. San Martín, Buenos Aires. Argentina.

### Resumen

Los primeros años son extraordinariamente importantes para todos los aspectos del desarrollo. Diferentes investigaciones dan cuenta de que el entrenamiento musical podría incidir sobre diferentes áreas del desarrollo del infante. El objetivo del siguiente trabajo es rastrear y analizar en la literatura las investigaciones que indican que el entrenamiento musical afectaría las habilidades cognitivas, la anatomía y la actividad cerebral en infantes. Se realizó una búsqueda bibliográfica en bases de datos científicas indexadas (Scielo, Redalyc, ScienceDirect, Pubmed, WOS y Scopus), utilizando las palabras clave: *music, music training, music education, child, cognition, brain, development*. Se utilizaron como variables de análisis: el instrumento de evaluación empleado, el tipo de intervención empleada y el tiempo de entrenamiento. Los estudios revisados mostraron resultados contrapuestos acerca del efecto del entrenamiento musical en los infantes, aunque, mayoritariamente se ha encontrado que el entrenamiento musical promueve el desarrollo cognitivo e influye en otras áreas.

**Palabras clave:** música; infantes; transferencia de aprendizaje; plasticidad cerebral.

### Abstract

The early years are extremely important to all aspects of development. Different investigations show that musical training could affect different areas of infant development. The objective of the following work is to track and analyze in the literature the research that indicates that music training would affect cognitive abilities, anatomy and brain activity in infants. A bibliographic search was carried out in the indexed scientific databases (Scielo, Redalyc, ScienceDirect, Pubmed, WOS and Scopus), using the keywords: *music, music training, music education, child, cognition, brain, development*. The following were used as analysis variables: the evaluation instrument used, the type of intervention used and the training time. The reviewed studies showed conflicting results about the effect of musical training in infants, although, for the most part, it has been found that music training promotes cognitive development and influences other areas.

**Key words:** music; children; transfer of learning; brain plasticity.

## 1. Introducción

Los primeros años de vida son extraordinariamente importantes para todos los aspectos del desarrollo: cognitivo, social, emocional y físico. Las experiencias tempranas tienen efectos duraderos, por ejemplo, en el contexto del desarrollo cognitivo, en el establecimiento de la base de la memoria (Paolini, Oiberman y Mansilla, 2017); así como también en el social y emocional, por ejemplo, en el establecimiento de patrones de interacción interpersonal y de regulación emocional (Heras, Cepa y Lara, 2016). El desarrollo del ser humano se encuentra afectado por el ambiente que lo rodea. Los cambios comportamentales observables en un sujeto son producto de la interacción entre cerebro y ambiente (D'Souza y D'Souza, 2019; Rosales-Reynoso, Juárez-Vázquez y Barros-Núñez, 2018; Villaseñor-Cabrera, Castañeda-Navarrete, Esparcia, Rizo-Curiel y Jiménez-Maldonado, 2018).

Los ambientes en los que se desarrollan los seres humanos se encuentran impregnados de música, uno de los dominios socio-cognitivos más antiguos y básicos de la especie humana (Koelsch y Siebel, 2005). Las habilidades musicales desempeñaron un papel filogenético clave para la evolución del lenguaje y la praxis musical cubrió importantes funciones evolutivas como la comunicación, la coordinación de grupos y la cohesión social (Morán-Martínez, 2009; Trehub, 2017).

El modo en que las experiencias musicales afectan al desarrollo humano es un tema cuyo interés aumentó en los últimos años. Existen aspectos de la música que requieren una instrucción formal, sin embargo, la mayoría de los individuos adquieren competencia musical básica a través de la exposición diaria a la música, fenómeno entendido como experiencias sonoras de enculturación (Jorgensen, 1997). Los seres humanos nacen con predisposición a la percepción y al quehacer musical (Hannon, Schachner y Nave-Blodgetta, 2017; Peretz, 2008; Smith, Folland, Martínez y Laurel, 2017; Trehub y Cirelli, 2018). Ciertos estudios sugieren que la instrucción musical, además de mejorar el conocimiento de la música, afecta el desarrollo de conductas básicas y estructuras, funciones cerebrales y procesos neuronales en una gama de dominios y modalidades (Talamini, Grassi, Toffalini, Santoni y Carretti, 2018; Zuk *et al.*, 2018).

Ahora bien, si se observan cambios en el desarrollo infantil luego de un entrenamiento musical, ¿desde cuándo pueden observarse? Si el cerebro sufre modificaciones luego de este tipo de instrucción, estos cambios ¿favorecen a áreas no musicales? Además, ¿pueden observarse estos cambios a nivel anatómico y estructural del cerebro? ¿Qué sucede con la actividad eléctrica cerebral? ¿Sufrirán modificaciones las respuestas cerebrales luego de un entrenamiento musical? ¿Incidirá el tiempo de práctica en estas modificaciones? La exposición temprana a la música y el entrenamiento musical se han transformado en una temática de investigación y son estas preguntas las que guiaron la presente revisión. El objetivo de la misma es rastrear y analizar en la literatura las investigaciones que indican que el entrenamiento musical afectaría las habilidades cognitivas,

la anatomía y la actividad cerebral de los infantes. El estudio de esta temática es importante para comprender el papel de la formación musical sobre la cognición.

## 2. Método

### 2.1 Diseño

Se realizó un estudio retrospectivo de la literatura acerca de los efectos del entrenamiento musical en diversas funciones cognitivas, en la neuroanatomía y en la actividad cerebral de infantes.

### 2.2 Muestra

Se seleccionaron 28 artículos empíricos en revistas científicas indexadas. Los criterios de inclusión involucraron estudios empíricos que: (a) abordaron el efecto del entrenamiento musical desde un enfoque neurocognitivo y/o neuropsicológico; (b) utilizaron una muestra de infantes sin patología; (c) incluyeron especificaciones acerca del tipo y/o tiempo de entrenamiento musical; (d) incluyeron las palabras clave relevantes. Los criterios de exclusión fueron los estudios de revisión, de casos clínicos y aquellos realizados con infantes con diagnóstico patológico.

### 2.3 Procedimiento

Se utilizaron artículos recuperados de Science Direct, PubMed, SciELO, Redalyc, Web of Science y Scopus junto a fuentes extraídas de los artículos seleccionados. Se realizó una búsqueda con las palabras clave: *music, music training, music education, child, cognition, brain, development*. Estas fueron combinadas de varias formas utilizando AND/OR, obteniendo aproximadamente 1650 resultados. Luego, a partir de la lectura de los títulos y resúmenes y de la revisión de las referencias bibliográficas se identificaron los artículos más relevantes. Se preseleccionaron 190 trabajos con base en el cumplimiento de los criterios de inclusión, de los cuales 53 fuentes bibliográficas poseían una fecha de publicación dentro de los últimos 38 años. De estos 53 artículos, se tuvo en cuenta: (a) tipo de muestra; (b) función o área evaluada; (c) coherencia en sus métodos de evaluación y diseño experimental y se analizó el tipo de evaluación, el tipo y tiempo de intervención y los resultados obtenidos. Un total de 28 artículos empíricos cumplieron con estos criterios finales y fueron interpretados independientemente, utilizando un análisis cualitativo-descriptivo.

### 3. Resultados

Los 28 artículos empíricos incluidos para la síntesis cualitativa se dividieron en 4 tablas. La Tabla 1 presenta cuatro estudios que vincularon el entrenamiento musical y la transferencia cercana. La Tabla 2 muestra 13 trabajos que estudiaron la transferencia lejana y el entrenamiento musical. La Tabla 3, sintetiza cinco artículos que evaluaron las modificaciones anatómicas a partir de una formación musical. Por último, la Tabla 4 contiene seis investigaciones sobre los efectos del entrenamiento musical en la actividad eléctrica cerebral.

#### 3.1 Entrenamiento musical y transferencia de aprendizajes

El efecto que el entrenamiento musical tendría en diversas funciones cognitivas puede ser diferenciado como transferencia cercana o lejana (Miendlarzewska y Trost, 2014). La primera da cuenta de que la instrucción musical puede ser beneficiosa para tareas relacionadas estrechamente con la música, por ejemplo, mayor facilidad para detectar tonos o una mayor destreza motora (Habibi, Cahn, Damasio y Damasio, 2016). La segunda se refiere a los beneficios de esta práctica en habilidades no musicales como, por ejemplo, el lenguaje (Schlaug, Norton, Overy y Winner, 2005; Talamini *et al.*, 2018).

En relación a la transferencia cercana, Flohr (1981) realizó una investigación cuyo objetivo fue determinar el efecto de una instrucción musical sobre el desempeño en habilidades de escucha. Los infantes participantes fueron divididos en cuatro grupos (entrenamiento en improvisación musical, entrenamiento vocal, entrenamiento instrumental y movimiento corporal y un grupo control sin instrucción musical) y fueron evaluados en el reconocimiento de parámetros musicales antes y después de haber participado en los entrenamientos. Los grupos con formación musical lograron identificar mayor cantidad de tonos y ritmos que el grupo control. Estos resultados fueron replicados en un estudio llevado a cabo por Habibi *et al.* (2016).

Hyde *et al.* (2009) evaluaron si el entrenamiento musical afectaba el desempeño en pruebas de secuenciación motora y de discriminación melódica y rítmica y hallaron que los infantes con esta formación mejoraron su desempeño en estas habilidades. Resultados similares fueron reportados por Forgeard, Winner, Norton y Schlaug (2008) empero, se contradicen con los de Costa-Giomi (2004), quien no encontró diferencias significativas en el desempeño de los infantes en estas áreas de transferencia cercana. Estas diferencias pueden deberse a las diferentes muestras utilizadas en los estudios: Hyde *et al.* (2009) y Forgeard *et al.* (2008) contaron con grupos que trabajaron con diversos instrumentos musicales a través de programas fuera y dentro de la escuela. Costa-Giomi (2004), sin embargo, contó con infantes que recibieron clases particulares de piano.

Un estudio más reciente investigó los beneficios del entrenamiento musical en el desarrollo de competencias musicales (Cohrdes, Grolig y Schroeder, 2018). Compararon a infantes que recibieron formación musical con un grupo control activo (entrenamiento lingüístico) y un grupo control pasivo (sin entrenamiento). Previo a los entrenamientos, no hubo diferencias entre los grupos, sin embargo, luego de la formación, el grupo música logró un mejor desempeño en habilidades de repetición rítmica que el control activo. Además, los grupos con formación en música y lenguaje se desempeñaron mejor en discriminación tonal y sincronización que el control pasivo. Las diferencias del grupo experimental y el control activo sobre el pasivo podrían deberse al procesamiento en áreas compartidas por el lenguaje y la música (Fedorenko, Patel, Casasanto, Winawer y Gibson, 2009; Gordon, Fehd y McCandliss, 2015; Lee, Ahn, Holt y Schellenberg, 2020; Patel, 2011).

Un estudio sobre transferencia lejana examinó esta relación entre lenguaje y música (Moreno *et al.*, 2009). Un grupo de infantes fue formado en pintura, otro en música y fueron evaluados individualmente, pre y post entrenamiento, mediante el Test de Inteligencia para Prescolares de Wechsler (WISC-III; Wechsler, 2002) y a través de un software de discriminación melódica. Al finalizar el entrenamiento, el grupo música mostró un mejor desempeño para lectura y diferenciación de tonos en el habla. Los autores sugieren una transferencia desde el área musical al lenguaje a partir de períodos relativamente cortos de entrenamiento (6 meses). Estos mismos autores evaluaron períodos aún más cortos de formación musical (4 y 8 semanas) hallando los mismos resultados (Moreno *et al.*, 2011). Estos hallazgos fueron replicados en programas de formación de dos años frente a un grupo control sin instrucción (Lorenzo, Herrera, Hernández-Candelas y Badea, 2014). Asimismo, Linnavalli, Putkinen, Lipsanen, Huotilainen y Tervaniemi (2018) hallaron que la formación musical mejoró las habilidades de procesamiento fonémico y de vocabulario en preescolares, comparado con clases de danza o infantes sin formación musical.

Para evaluar la relación entre la formación musical y el aprendizaje de un segundo idioma (L2), Talamini *et al.* (2018) compararon infantes y adolescentes bilingües, la mitad de ellos con formación musical y la otra mitad sin esta instrucción, evaluándolos mediante un test de aptitudes musicales y uno de idioma. Los autores encontraron una correlación positiva entre ambas pruebas. Si bien los investigadores explican que esto puede deberse a que ambas funciones cognitivas comparten procesos básicos, afirman que esta relación no es clara.

Respecto a la memoria, Ho, Cheung y Chan (2003) evaluaron si el entrenamiento musical podría mejorar el desempeño de la memoria verbal y visual. Los participantes estaban divididos en un grupo con clases de música y otro sin formación (control). El grupo música tuvo un mejor desempeño en el aprendizaje y el recuerdo de una lista de palabras frente al grupo control. Sin embargo, la formación no mejoró significativamente el rendimiento de la memoria visual. Los autores refieren que podría deberse a un mejor desarrollo del lóbulo temporal izquierdo como efecto del entrenamiento musical puesto que hay antecedentes que mostraron que este lóbulo responde igualmente a tonos y palabras durante la escucha (Binder, Frost, Hammeke, Rao y Cox,

1996; Ohnishi *et al.*, 2001). Este solapamiento de áreas cerebrales facilitaría específicamente el procesamiento cognitivo para el aprendizaje y la memoria verbal.

El tiempo de entrenamiento es otro factor a considerar. Hogan *et al.* (2017) se preguntaron si una mayor cantidad de tiempo de formación musical se correspondería con un mejor desempeño en las funciones ejecutivas, la auto-percepción y el rendimiento escolar. Los infantes recibieron formación musical y fueron separados en 4 grupos con diferentes cantidades de tiempo de estimulación a lo largo de un año. Al finalizar el año de entrenamiento, se realizaron las pruebas cognitivas. Los resultados no mostraron diferencias entre los grupos de acuerdo a la cantidad de tiempo de formación; empero, este estudio no cuenta con un grupo control sin entrenamiento con el cual comparar el desempeño de los grupos con formación musical.

Estos resultados son contrarios a los hallados por Jaschke, Honing y Scherder (2018), quienes encontraron una relación entre la cantidad de tiempo de formación musical y componentes de las funciones ejecutivas, como la inhibición y la planificación. Estos autores entrenaron a infantes con y sin formación musical previa y contrastaron su desempeño con infantes formados en artes visuales y con un grupo control sin entrenamiento en el desempeño en funciones ejecutivas, inteligencia no verbal y memoria. Aunque los grupos con entrenamiento musical lograron desempeñarse mejor en las tareas ejecutivas y de inteligencia no verbal, no obtuvieron mejoras en las pruebas de memoria con respecto a los otros grupos.

En otro trabajo, los infantes no mejoraron su desempeño en tareas de transferencia lejana (habilidades matemáticas, verbales y espaciales) (Hyde *et al.*, 2009). Los autores mencionan que con más tiempo de instrucción musical posiblemente se podrían observar diferencias en estas áreas y explican que tanto la duración como la intensidad de la práctica podrían haber influido en los resultados. Esta hipótesis podría ser correcta, ya que otro estudio encontró mejoras en el desempeño en esas habilidades después de un período de instrucción musical de 4 años (Schlaug *et al.*, 2005).

Costa-Giomi (2004) evaluó un grupo con instrucción musical durante un periodo de tres años frente a un grupo control en relación a habilidades lingüísticas, matemáticas y autoestima. Los resultados mostraron diferencias durante los dos primeros años de formación en autoestima, empero, se observó posteriormente una homologación en el desempeño entre ambos grupos. Además, el entrenamiento no afectó las habilidades lingüísticas y matemáticas de los infantes. La autora es cauta con los efectos de la música sobre las habilidades cognitivas, lo cual concuerda con Dumont, Syurina, Feron y van Hooren (2017) y Sala y Gobet (2017). Forgeard *et al.* (2008) aportan otro punto interesante, pues reflexionan que es posible que los resultados podrían deberse a la formación musical como factor acelerador de las capacidades espaciales y que se evidenciaría en los primeros años para después estabilizarse.

Forgeard *et al.* (2008) compararon un grupo control sin formación musical con otro con formación instrumental tradicional<sup>1</sup> y uno con método Suzuki. Los infantes con instrucción musical mejoraron su desempeño en vocabulario y en razonamiento no verbal al ser comparados con el grupo control después del segundo o tercer año de formación. Sin embargo, su desempeño en habilidades matemáticas o visoespaciales no mejoró.

Un estudio comparó un grupo de infantes con formación musical con un control activo formado en danza y un control pasivo sin entrenamiento, no encontrando diferencias significativas entre ellos (D'Souza y Wiseheart, 2018). La muestra fue evaluada en vocabulario receptivo, inteligencia no verbal, memoria a corto plazo, memoria de trabajo, control inhibitorio, flexibilidad cognitiva y velocidad de procesamiento. Los autores refieren que los antecedentes que muestran efectos positivos de transferencia en general carecen de diseños experimentales y rigurosidad metodológica, destacando su estudio en estos aspectos.

Existen discrepancias acerca del efecto de la formación musical en las funciones cognitivas, sin embargo, los hallazgos de estos estudios reportan en su mayoría resultados significativos a favor de los grupos con formación musical.

**Tabla 1.** Síntesis de los principales resultados en transferencia cercana (EM: entrenamiento musical; EIM: entrenamiento en improvisación musical; EXP: entrenamiento vocal, instrumental y movimiento corporal; CSE: control sin entrenamiento; EMO: entrenamiento musical orquestal; ED: entrenamiento deportivo; EI: entrenamiento en idioma)

AUTORES	MUESTRA	N	TAREA	INTERVENCIÓN	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	RESULTADOS
Flohr, 1981	Infantes (5 años)	29	Escucha y reconocimiento de patrones de tonos y ritmos	EIM; EXP; CSE	25 min./2 veces por semana/3 meses	EIM-EXP > CSE
Habibi <i>et al.</i> 2016	Infantes (6 a 7 años)	37	Discriminación de tonos	EMO; ED; CSE	6 a 7 h./semana/2 años	EMO > ED-CSE
Hyde <i>et al.</i> 2009	Infantes (6 años)	31	1. Secuenciación motora 2. Discriminación melódica y rítmica	EM; CSE	Media h./semana/15 meses	1. y 2. EM > CSE
Cohrdes <i>et al.</i> 2018	Infantes (5 y 6 años)	202	1. Discriminación tonal 2. Sincronización 3. Repetición rítmica	EM; EI; CSE	45 min./2 veces por semana/6 meses	1. y 2. EM y EI > CSE 3. EM > EI y CSE

Fuente: elaboración propia

<sup>1</sup> Los autores definen a la formación musical instrumental tradicional como aquella en la que se aprende lectura musical desde el inicio de la instrucción.

**Tabla 2.** Síntesis de los principales resultados en transferencia lejana  
(EP: entrenamiento en pintura; EMC: EM computarizado<sup>2</sup>; EAC: entrenamiento en arte computarizado<sup>3</sup>; EM+: EM con formación musical previa; EM-: EM sin formación musical previa; EV: Entrenamiento en artes visuales)

AUTORES	MUESTRA	N	TAREA	INTERVENCIÓN	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	RESULTADOS
Moreno <i>et al.</i> 2009	Infantes (8 años)	10	1. Test de Inteligencia para Infantes de Wechsler (WISC-III) 2. Discriminación de tonos	EM; EP	75 min./2 veces por semana/6 meses	1. y 2. EM > EP
Moreno y Besson, 2006	Infantes (8 años)	20	Reconocimiento de sentencias: correctas o incorrectas	EM; EP	40 min./2 veces por semana/2 meses	Sin diferencias (SD)
Moreno <i>et al.</i> 2011	Infantes (6 años)	64	1. Vocabulario (WPPSI-III) 2. Cubos (WPPSI-III)	EMC; EAC	1 h. por día/5 veces por semana/1 mes	1. y 2. EMC > EAC
Lorenzo <i>et al.</i> 2014	Infantes (3 a 4 años)	213	Child Observation Record (COR)	EM; CSE	20 min. por clase/3 veces por semana/2 años	EM > CSE
Linnavalli <i>et al.</i> 2018	Infantes (5 y 6 años)	80	1. Procesamiento de fonemas 2. Vocabulario 3. Razonamiento perceptual 4. Control inhibitorio	EM; Danza; CSE	9 a 36 meses (EM); a 40 meses (danza)	1. 1 y 2. EM > Danza y CSE 3. 3 y 4. SD
Talamini <i>et al.</i> 2018	Infantes y adolescentes (11 a 15 años)	80	1. 1. Aptitudes musicales 2. 2. Prueba de idioma	EM; CSE	$M = 2.6$ h./semana ( $DE = 1.1$ h)/2 a 60 meses ( $M = 31.3$ meses, $DE = 16.4$ meses)	Correlación positiva entre 1 y 2. 1 y 2. EM > CSE
Ho <i>et al.</i> 2003	Infantes y adolescentes (6 a 15 años)	90	1. 1. Memoria verbal 2. 2. Memoria visual	EM; CSE	1 h./semana/1 a 5 años ( $M = 2.6$ años, $DE = 1.48$ años)	1. 1. EM > CSE 2. 2. SD
Hogan <i>et al.</i> 2017	Infantes (6 años)	203	1. Tarea de flancos 2. Escala pictórica de competencia percibida y aceptación social 3. Autopercepción escolar 4. Fluencia por categorías 5. Span de dígitos	EM/45 min.; EM/90 min.; EM/297 min.; EM/315 min.	45 min.; 90 min.; 297 min. ó 315 min./semana/1 año	SD

<sup>2</sup> Este tipo de entrenamiento musical se realiza a través de un software diseñado por los autores. Se basó en una combinación de tareas motoras, perceptivas y cognitivas e incluyó entrenamiento en ritmo, tono, melodía, voz y conceptos musicales básicos.

<sup>3</sup> Este tipo de entrenamiento se realiza a través de un software creado por los autores. El programa enfatizó el desarrollo de habilidades visoespaciales relacionadas con conceptos como forma, color, línea, dimensión y perspectiva.

Jaschke <i>et al.</i> 2018	Infantes (6.4 años)	176	1. Planificación 2. Inhibición 3. Inteligencia no verbal 4. Memoria visoespacial de corto plazo y memoria de trabajo	EM+; EM-; EV; CSE	1-2 h./semana/24 meses	1. y 3. EM-; EM+ > EV; CSE 4. EV > EM-; EM+; CSE
Jentschke y Koelsch, 2009	Infantes (10 a 11 años)	41	Reconocimiento de sentencias: correctas o incorrectas	EM; CSE	Entrenamiento musical previo (M = 4.9 meses)	EM > CSE
Costa-Giomi, 1999	Infantes (9 años)	117	1. Lenguaje y matemáticas (Subtests Nivel 14 del Canadian Achievement Test 2 (CAT2)) 2. Test de autoestima (Coopersmith Self-Esteem Inventories) 3. Discriminación de tonos y ritmos 4. Habilidades motoras finas 5. Competencia motora 6. Habilidad cognitiva	EM especialización piano; CSE	30 min./semana/2 años y 45 min./semana/1 año más. 3 años de formación total	1. SD 2. Después del segundo año de instrucción, EM > CSE 3. SD 4. SD 5. SD 6. SD
Forgeard <i>et al.</i> 2008	Infantes (8 a 11 años)	59	1. Discriminación de tonos y ritmos 2. Destreza motora 3. Cubos (WISC-III) 4. Rompecabezas (WISC-III) 5. Matrices progresivas de Raven 6. Vocabulario (WISC-III) 7. Análisis auditivo 8. Habilidades matemáticas	EM tradicional; EM Método Suzuki; CSE	4.63 años (DE = 1.10 años)	1. EM (> 3 años de instrucción) > CSE 2. EM > CSE 3. SD 4. SD 5. EM (> 3 años de instrucción) > CSE 6. EM (> 3 años de instrucción) > CSE 7. SD 8. SD
D'Souza y Wiseheart, 2018	Infantes (6 a 9 años)	75	1. Vocabulario receptivo 2. Inteligencia no verbal 3. Memoria corto plazo 4. Memoria de trabajo 5. Control inhibitorio 6. Flexibilidad cognitiva 7. Velocidad de procesamiento	EM; Danza; CSE	2 h./día/5 veces por semana/3 semanas.	SD

Fuente: elaboración propia

### 3.2 Entrenamiento musical y neuroanatomía

El entrenamiento musical produce modificaciones en diversas estructuras y funciones cerebrales (Ellis, Bruijn, Norton, Winner y Schlaug, 2013; Habibi *et al.*, 2018; Sachs, Kaplan, Der-Sarkissian y Habibi, 2017; Seither-Preisler, Parncutt y Schneider, 2014; Zuk *et al.*, 2018). En las regiones motoras y auditivas de infantes que se entrenan musicalmente se ha observado plasticidad cerebral debido a que las demandas requeridas por el sistema nervioso para poder ejecutar música proporcionan una experiencia motora y multisensorial única para el ejecutante (Ellis *et al.*, 2013).

Los estudios neuroanatómicos con población infantil son escasos. Uno de ellos tuvo por objetivo examinar, mediante resonancia magnética funcional (fMRI), la forma en que se modificaría el cerebro debido a un entrenamiento musical (Ellis *et al.*, 2013). Los autores hallaron una correlación positiva entre tiempo de práctica y volumen y actividad cerebral en el giro de Heschl y el giro supramarginal ventral.

Seither-Preisler *et al.* (2014) evaluaron si la práctica musical produciría modificaciones en el tamaño, la eficiencia neural y la sincronización bilateral del córtex auditivo. Para ello, testearon a infantes que habían recibido entrenamiento musical instrumental y los compararon con otros sin formación, utilizando fMRI y magnetoencefalografía funcional (fMEG). Los resultados mostraron una correlación positiva entre años de entrenamiento musical y tamaño del giro de Heschl, la cual se reflejó en una mayor sincronización inter-hemisférica y eficiencia neural en los infantes con formación instrumental. Los investigadores plantean que, si bien el desarrollo natural de estos infantes se ve acelerado en comparación con el grupo sin entrenamiento, sería importante contemplar los factores ambientales y genéticos que podrían también influir sobre los resultados (Ellis *et al.*, 2013).

Con el objetivo de establecer la relación entre el entrenamiento musical y las áreas cerebrales relacionadas con las funciones ejecutivas, Sachs *et al.* (2017) realizaron un estudio correlacional con un grupo de infantes entrenados musicalmente, otro con entrenamiento deportivo y un grupo control sin formación. Se realizó una evaluación antes de los entrenamientos y luego de dos años de haber participado de los mismos utilizando fMRI mientras realizaban una tarea de inhibición. El grupo con entrenamiento musical desarrolló mayor volumen del córtex motor suplementario, la ínsula, el surco pre-central, el córtex cingulado anterior, el giro frontal inferior, el córtex occipital lateral y el cerebelo respecto del grupo control y más volumen en el córtex occipital izquierdo que el grupo con entrenamiento deportivo. El efecto del entrenamiento deportivo podría deberse a que el deporte y la música requieren planificación cognitiva, alternar la atención entre varias tareas, mantener la información en la memoria de trabajo y ejecutar e inhibir acciones motoras finas. Los investigadores especulan que cualquier tipo de entrenamiento que produzca que un infante se enfoque en el desarrollo de una habilidad particular a través de la

práctica repetida podría asociarse con un cambio en la organización neuronal. Finalmente, utilizando fMRI, Zuk *et al.* (2018) hallaron que los infantes musicalmente formados mostraron una mayor activación en las regiones temporo-parietales bilaterales (en la región izquierda del giro supra-marginal y la región derecha del giro angular) que infantes sin entrenamiento.

**Tabla 3.** Síntesis de los principales resultados en neuroanatomía  
(fMRI: resonancia magnética funcional; fMEG: magnetoencefalografía funcional; MP RAGE: Magnetización; GH: giro de Heschl; SI: sincronización interhemisférica; EN: eficiencia neural; CMS: córtex motor suplementario; I: ínsula; SPC: surco pre-central; CCA: córtex cingulado anterior; GFI: giro frontal inferior; COL: córtex occipital lateral; C: cerebelo; COI: córtex occipital izquierdo; CC: Cuerpo caloso; EMI: entrenamiento musical instrumental; HP: índice de práctica música acumulada)

AUTORES	MUESTRA	N	ESTUDIO	ÁREAS OBSERVADAS	INTERVENCIÓN	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	RESULTADOS
Ellis <i>et al.</i> 2013	Infantes (5 a 7 años)	28	fMRI	1. GH 2. Giro supramarginal ventral	EMI; CSE	$M = 15.57$ h. de práctica/ $M = 0.38$ años	Correlación + entre HP y actividad cerebral en 1. y 2.
Seither-Preisler <i>et al.</i> 2014	Infantes (8 y 9 años)	111	fMRI; fMEG	1. GH 2. SI 3. EN	EMI; CSE	$M = 4.36$ HP	Correlación + entre HP, tamaño del GH, SI y EN
Sachs <i>et al.</i> 2017	Infantes (6 a 9 años)	56	fMRI	1. CMS 2. I 3. SPC 4. CCA 5. GFI 6. COL 7. C 8. COI	EM; ED; CSE	EM = 7 h./semana/2 años; ED = 1 h./2 o 3 veces por semana/2 años	EM (volumen del CMS, I, SPC, CCA, GFI, COL y C) > CSE EM (volumen del COI) > ED
Habibi <i>et al.</i> 2018	Infantes (6 a 7 años)	60	MP RAGE; fMRI	1. Giro temporal superior 2. CC	EM; ED; CSE	EM = 6-7h/semana/2 años ED = 1h./2-3 semana/2 años	1. SD 2. EM (Sustancia blanca en 3 segmentos del CC) > ED. EM y CSE, SD.
Zuk <i>et al.</i> 2018	Infantes (6 a 13 años)	40	fMRI	1. Región temporo-parietal bilateral 2. Región izquierda del giro supra-marginal 3. Región derecha del giro angular	EM; CSE	$M = 3.62$ h./semana durante $M = 4.25$ años	1. 2. y 3. EM > CSE

Fuente: elaboración propia

### 3.3 Entrenamiento musical y actividad cerebral

Otro modo de estudiar el funcionamiento del cerebro humano es mediante el registro de la señal eléctrica a través de una electroencefalografía (EEG). Los estudios indicaron que un entrenamiento musical produce modificaciones en el potencial de las señales eléctricas del cerebro (Carpentier, Moreno y McIntosh, 2016; Habibi *et al.*, 2016; Putkinen, Tervaniemi, Saarikivi, de Vent y Huotilainen, 2014; Strait, Slater, O'Connell y Kraus, 2015).

Trainor *et al.* (2009) realizaron una investigación sobre el efecto del entrenamiento musical en la actividad cerebral de bandas gamma (relacionadas con la percepción y memoria de estímulos sonoros); para ello, midieron el potencial de estas señales mediante EEG en adultos y en infantes ante la presentación de estímulos sonoros de piano, violín y tonos puros. Los adultos estaban divididos en músicos profesionales y no músicos. La mitad de los infantes estaban comenzando clases de piano y la otra mitad no estudiaba música. Los resultados en adultos mostraron una fuerte activación de ondas gamma en regiones fronto-centrales para los tonos musicales en comparación con los tonos puros, tanto para los músicos como para los no músicos. Sin embargo, esta activación fue más intensa en los sujetos músicos, lo que sugiere que su córtex auditivo posee mayor capacidad de representación sonora. Los resultados en infantes no fueron significativos, puesto que las respuestas cerebrales oscilatorias implicadas en el procesamiento auditivo de estos estímulos requerirían más años en desarrollarse.

Otro estudio tuvo como objetivo examinar si existían diferencias en la dinámica eléctrica neuronal durante el procesamiento del lenguaje y la música entre infantes con y sin formación musical. Dos marcadores neurofisiológicos del procesamiento de la sintaxis en el lenguaje y la música (ERAN – Early Right Anterior Negativity y ELAN - Early Left Anterior Negativity) se desarrollaron con más fuerza en los infantes con entrenamiento musical (Jentschke y Koelsch, 2009).

Un estudio realizado por Strait *et al.* (2015) evaluó el efecto de un entrenamiento musical en la actividad eléctrica neuronal implicada en el procesamiento de la atención auditiva durante la infancia. El entrenamiento musical se encontró asociado a una mayor actividad neuronal durante el procesamiento de la atención auditiva en el área prefrontal. Los autores refieren que la falta de un grupo control activo en el estudio les impide atribuir esta diferencia solo al entrenamiento musical y se preguntan si estas modificaciones podrían observarse también en actividades relacionadas puramente a la escucha.

Otro estudio evaluó si la formación musical podría modificar el desarrollo de la actividad cerebral implicada en el sistema auditivo (Habibi *et al.*, 2016). Los infantes se dividieron en grupo música, deporte y sin entrenamiento y fueron evaluados mediante EEG antes y después de 2 años de comenzar las prácticas. No hubo diferencias significativas entre los grupos antes de comenzar

la formación. Las medidas post entrenamiento indicaron que el grupo música mostró un declive en la latencia del componente P1, lo que indicaría una mayor velocidad de transmisión neural debido a cambios en el desarrollo de la mielinización. Además, mostraron una mayor amplitud en el componente P3, el cual se correlaciona con una mayor orientación de la atención.

Para comparar el aprendizaje musical con el aprendizaje de un idioma, Carpentier *et al.* (2016) realizaron mediciones de la actividad eléctrica cortical pre y post entrenamiento en infantes. Hallaron una mayor complejidad en las señales cerebrales (medida como un índice de procesamiento de información neuronal y comunicación en red) de los infantes con entrenamiento musical en comparación con sus medidas pre-entrenamiento en el córtex auditivo primario, en el córtex temporal superior, en el claustró, la ínsula, en el córtex orbitofrontal y el córtex somatosensorial secundario y en el hemisferio derecho. En el hemisferio izquierdo, se observó la misma expresión en el precúneo, en el córtex parietal superior y en el córtex cingulado anterior. El entrenamiento en idioma se asoció con cambios limitados en la actividad cerebral debido a que se observó una disminución de la complejidad en las señales eléctricas cerebrales en comparación con las medidas pre entrenamiento. Los autores plantean que una mayor duración de la formación en idioma podría asociarse con cambios neuronales más significativos. La complejidad observada en las señales cerebrales de los infantes con entrenamiento musical puede deberse a que esta formación requiere la integración de los estímulos del ambiente con las representaciones internas auditivas, motoras, visuales, emocionales y cognitivas (Putkinen *et al.*, 2014).

**Tabla 4.** Síntesis de los principales resultados en actividad cerebral  
(EEG: electroencefalografía; MEG: magnetoencefalografía; ERAN: early right anterior negativity; ELAN: early left anterior negativity; MMN: potencial de disparidad o mismatch negativity)

AUTORES	MUESTRA	N	ESTUDIO	ACTIVIDAD OBSERVADA	INTERVENCIÓN	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO	RESULTADOS
Trainor <i>et al.</i> 2009	Adultos e infantes (4 y 5 años)	12	EEG; MEG	Ondas gamma	EM (piano con método Suzuki); CSE	--	EM activación ondas gamma > CSE en adultos; SD en infantes
Jentschke y Koelsch, 2009	Infantes (10 a 11 años)	55	EEG	1. ERAN 2. ELAN	EM; CSE	EM previo ( $M = 4.9$ meses)	1. EM (Amplitud del ERAN) > CSE 2. EM (Amplitud del ELAN) > CSE
Strait <i>et al.</i> 2015	Infantes (3 a 13 años)	55	EEG	Potenciales evocados auditivos corticales	EM; CSE	Prescolares ( $M = 2.7$ años de práctica); Escolares ( $M = 7.8$ años de práctica)	EM > CSE

Habibi <i>et al.</i> 2016	Infantes (6 a 7 años)	37	EEG	Potenciales evocados auditivos corticales: 1. Latencia 2. Amplitud	EMO; ED; CSE	6-7 h./semana/2 años	1. EM < ED; CSE 2. EM > ED; CSE
Carpentier <i>et al.</i> 2016	Infantes (4 a 6 años)	36	EEG	Cambios en la actividad cerebral cortical	EMC; Entrenamiento computarizado en idioma Francés.	1 h./5 veces semana/1 mes	SD
Putkinen <i>et al.</i> 2014	Infantes (9 a 13 años)	117	EEG	MMN	EM; CSE	--	9 años: SD 10 a 13 años: EM amplitud MMN > CSE

Fuente: elaboración propia

#### 4. Discusión y conclusiones

El objetivo de esta revisión fue rastrear y analizar en la literatura las investigaciones que vinculan al entrenamiento musical con las habilidades cognitivas, la anatomía y la actividad cerebral infantil. De modo general, se ha encontrado que esta formación promueve el desarrollo cognitivo, lo que brinda evidencia acerca del rol del entrenamiento musical en la promoción del desarrollo cognitivo, estructural, anatómico y funcional del cerebro (Moreno *et al.*, 2009; Strait *et al.*, 2015; Zuk *et al.*, 2018). Sin embargo, también se encontraron estudios con resultados que no mostraron diferencias significativas en diversas áreas, como producto del entrenamiento musical (Carpentier *et al.*, 2016; D'souza y Wiseheart, 2018; Habibi *et al.*, 2018; Hogan *et al.*, 2017).

De forma general, en la literatura se pueden encontrar expresiones que manifiestan que la música aumenta el rendimiento cognitivo (Pfeiffer y Zamani, 2019). Sin embargo, a partir de los estudios abordados resulta complejo generalizar los hallazgos. Esto no significa que los resultados sean inválidos, sino que dan una directriz para interpretarlos críticamente en función de las variables que los diferencian. Existen consideraciones sobre los tiempos de exposición, las intervenciones musicales y los diseños experimentales que merecen atención para lograr identificar los efectos específicos del entrenamiento musical.

Se observó que existe una gran diversidad de períodos de tiempo de formación utilizados dentro del cúmulo de investigaciones presentadas. Algunas mostraron las horas de práctica durante un período de tiempo específico, controladas metodológicamente por los investigadores (Carpentier *et al.*, 2016; Cohrdes *et al.*, 2018; Costa-Giomi, 2004; D'Souza y Wiseheart, 2018; Flohr, 1981; Habibi *et al.*, 2016; Hogan *et al.*, 2017; Hyde *et al.*, 2009; Lorenzo *et al.*, 2014; Moreno y Besson, 2006; Moreno *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2011). Otros, tomaron en cuenta la formación previa de los infantes (Jentschke y Koelsch, 2009; Seither-Preisler *et al.*, 2014), por lo que las horas de práctica acumuladas son reportadas por los padres a través de los cuestionarios, lo cual representa una dificultad a la hora de comparar los estudios ya que los datos obtenidos

podrían no ser completamente certeros. Un tercer grupo de estudios omitió información metodológica respecto a la cantidad tiempo de entrenamiento (Trainor *et al.*, 2009; Putkinen *et al.*, 2014). De modo adicional, muchas veces existe una discrepancia no sólo en la cantidad de horas entre los diferentes grupos experimentales dentro de una misma investigación (Habibi *et al.*, 2018; Linnavalli *et al.*, 2018; Sachs *et al.*, 2017) sino también, dentro de un mismo grupo (Ellis *et al.*, 2013; Forgeard *et al.*, 2008; Jaschke *et al.*, 2018; Jentschke y Koelsch, 2009; Strait *et al.*, 2015; Talamini *et al.*, 2018; Zuk *et al.*, 2018) por lo que la multiplicidad de resultados puede deberse a las diferencias en los tiempos de entrenamiento o intensidad y frecuencia de los mismos.

Por otro lado, los estudios presentados implementaron entrenamientos en improvisación musical (Flohr, 1981), orquestal (Habibi *et al.*, 2016), computarizado (Moreno *et al.*, 2011), especializado en piano (Costa-Giomi, 2004), formación tradicional (Forgeard *et al.*, 2008), con método Suzuki (Forgeard *et al.*, 2008). En la revisión se hallaron dos estudios que evaluaron la discriminación de tonos y ritmos de dos grupos que fueron entrenados musicalmente, uno con especialización en piano (Costa-Giomi, 2004) y otro enfocado en la discriminación tonal, la repetición rítmica y la sincronización corporal con la música (Cohrdes *et al.*, 2018) comparados con grupos controles sin formación musical. El de Costa-Giomi (2004) no halló diferencias entre los grupos; sin embargo, el de Cohrdes *et al.*, 2018, encontró que los infantes con formación musical se desempeñaron mejor que el grupo control. Bangert y Schalug (2006) investigaron la especialización cerebral en músicos según el tipo de entrenamiento utilizado, comparando a pianistas con instrumentistas de cuerdas. Los resultados mostraron para los primeros, un uso especializado de su mano derecha y para el segundo grupo, de su mano izquierda, dando cuenta de una especialización cerebral para cada tipo de entrenamiento. Si bien no se han realizado estudios similares en infantes, el factor tipo de entrenamiento podría estar incidiendo de manera diferenciada sobre la capacidad plástica del cerebro, por lo que el efecto de la música no puede ser generalizado.

Otro factor es el uso de diferentes grupos controles. Algunos estudios compararon el grupo experimental con controles pasivos (Costa-Giomi, 2004; Ellis *et al.*, 2013; Ho *et al.*, 2003; Hyde *et al.*, 2009; Jentschke y Koelsch, 2009; Lorenzo *et al.*, 2014; Putkinen *et al.*, 2014; Seither-Preisler *et al.*, 2014; Strait *et al.*, 2015; Talamini *et al.*, 2018; Trainor *et al.*, 2009; Zuk *et al.*, 2018) otros, con controles activos (Carpentier *et al.*, 2016; Moreno *et al.*, 2009; Moreno *et al.*, 2011; Moreno y Besson, 2006) y muchos utilizaron ambos tipos de grupos controles (Cohrdes *et al.*, 2018; D'Souza y Wiseheart, 2018; Flohr, 1981; Forgeard *et al.*, 2008; Habibi *et al.*, 2016; Habibi *et al.*, 2018; Linnavalli *et al.*, 2018; Sachs *et al.*, 2017). Aunque se debaten las ventajas y desventajas de utilizar controles activos o pasivos (e.g., Donaldson y Christie, 2005; Cook, 2007), parece existir consenso acerca de que los activos son mayormente eficaces a la hora de controlar el efecto de un tratamiento, puesto que son más equivalentes en sus condiciones (al grupo experimental) que un grupo control pasivo, por lo que podemos sostener que las diferencias

estadísticas que se encuentren se deben en realidad a la manipulación de la variable independiente y no a otros factores (Fernández *et al.*, 2014).

También, se hallaron antecedentes que implementaron diferentes formas de evaluar las mismas funciones o el desempeño de una habilidad específica. Para evaluar, por ejemplo, la escucha y reconocimiento de patrones de tonos y ritmos, lo que también podría explicar o incidir en la multiplicidad de datos encontrados.

Sería importante que las futuras investigaciones publiquen los resultados significativos como así también los nulos (Hogan *et al.*, 2017). En este sentido, aunque algunos datos son sumamente prometedores, las deficiencias metodológicas son limitantes y no permiten arribar a conclusiones precisas acerca de la influencia del entrenamiento musical en el desarrollo infantil. Se necesita mayor rigor metodológico para dar cuenta sobre qué tipo de entrenamiento sería efectivo, por cuánto tiempo, utilizando instrumentos de medición confiables y contando con controles pasivos y activos que permitan adjudicar los resultados con diferencias significativas específicamente al entrenamiento musical y no a la presencia de variables intervinientes.

Los infantes que estuvieron expuestos a diferentes tipos de entrenamiento musical se desempeñaron mejor en tareas de transferencia cercana, por ejemplo, en habilidades para detectar cambios de tonalidades (Habibi *et al.*, 2016), en test melódicos y rítmicos (Hyde *et al.*, 2009) en pruebas de habilidades motrices finas y mostraron una madurez acelerada para el procesamiento auditivo (Costa-Giomi, 2004; Flohr, 1981; Forgeard *et al.*, 2008). Los resultados en transferencia lejana mostraron que los infantes formados con un entrenamiento musical específico -como un entrenamiento musical computarizado (Moreno *et al.*, 2011) o especializado en piano (Costa-Giomi, 2004)- lograron mejores desempeños en habilidades lingüísticas (Forgeard *et al.*, 2008; Habibi *et al.*, 2016; Jentschke y Koelsch, 2009; Moreno y Besson, 2006; Schlaug *et al.*, 2005; Talamini *et al.*, 2018) y de razonamiento no verbal (Forgeard *et al.*, 2008) que infantes sin este tipo de estimulación (Moreno *et al.*, 2009). Sin embargo, siete investigaciones no han hallado resultados que respalden la hipótesis de la formación musical y la transferencia lejana de aprendizajes, en el reconocimiento de oraciones (Moreno y Besson, 2006), el razonamiento perceptual y el control inhibitorio (Linnavalli *et al.*, 2018), la memoria visual (Ho *et al.*, 2003), las habilidades matemáticas y las competencias motoras (Costa-Giomi, 2004; Forgeard *et al.*, 2008), el vocabulario receptivo, la inteligencia no verbal, la flexibilidad cognitiva y la velocidad de procesamiento (D'Souza y Wiseheart, 2018; Hogan *et al.*, 2017).

A nivel neuroanatómico, se encontraron modificaciones producto del entrenamiento musical (Ellis *et al.*, 2013; Habibi *et al.*, 2018; Sachs *et al.*, 2017; Seither-Preisler *et al.*, 2014; Zuk *et al.*, 2018). Las trayectorias de maduración de diferentes áreas cerebrales de los infantes pueden ser afectadas por una experiencia musical intensiva (Trainor *et al.*, 2009). Algunos antecedentes mostraron que las experiencias musicales implicaron cambios en la anatomía cerebral y en su funcionamiento, ya que se optimizan los circuitos eléctricos neuronales y se

refuerzan las conexiones sinápticas (Jentschke y Koelsch, 2009; Putkinen *et al.*, 2014; Strait *et al.*, 2015). Otros estudios no hallaron diferencias en la actividad cerebral infantil como efecto del entrenamiento musical (Carpentier *et al.*, 2016; Trainor *et al.*, 2009) o mostraron resultados contradictorios (Habibi *et al.*, 2016; Putkinen *et al.*, 2014).

Finalmente, resulta importante destacar las limitaciones que presenta este estudio. En primer lugar, la inclusión de bases de datos diferentes a las utilizadas en este artículo podría haber arrojado resultados diferentes. En segundo lugar, solo se trabajó con artículos publicados en revistas científicas en el idioma inglés, lo que implica que no han sido revisados publicaciones en idiomas diferentes y/o presentados en otros ámbitos, como eventos científicos. Ello también podría haber influido en los resultados obtenidos en esta revisión. En este sentido, se alienta a la actualización y ampliación de los estudios incluyendo estas cuestiones, con el fin de generar nuevas preguntas respecto a los alcances y limitaciones de las mismas.

Los estudios expuestos permiten pensar en el entrenamiento musical como un instrumento que contribuiría a implementar acciones de orientación y asesoramiento de actividades vinculadas con la protección y la promoción del desarrollo cognitivo general de las personas, desde los primeros años de vida. Los mismos permiten considerar estrategias de tratamiento e intervención para la implementación de estudios e investigaciones en otras áreas y campos del conocimiento y elaborar a partir de ellos, marcos teóricos y empíricos que sustenten las praxis de la pedagogía musical y de la musicoterapia, entre otros. En los resultados expuestos, se vislumbra evidencia que da cuenta de que existe una plasticidad cerebral infantil fruto de la estimulación musical.

#### Financiación y agradecimientos

Este trabajo fue financiado por CONICET, UNSAM, FUNINTEC, ANPCyT (PICT 2014-1323; PICT 2017-0558).

#### Referencias

- Bangert, M. y Schlaug, G. (2006). Specialization of the specialized in features of external human brain morphology. *European Journal of Neuroscience*, 24(6), 1832-1834. doi:10.1111/j.1460-9568.2006.05031.x
- Binder, J.R., Frost, J.A., Hammeke, T.A., Rao, S.M. y Cox, R.W. (1996). Function of the left planum temporale in auditory and linguistic processing. *Brain*, 119(4), 1239-1247. doi:10.1093/brain/119.4.1239
- Carpentier, S.M., Moreno, S. y McIntosh, A.R. (2016). Short-term music training enhances complex, distributed neural communication during music and linguistic tasks. *Journal of Cognitive Neuroscience*, 28(10), 1603-1612. doi:10.1162/jocn\_a\_00988

- Cohrdes, C., Grolig, L. y Schroeder, S. (2019). The development of music competencies in preschool children: Effects of a training program and the role of environmental factors. *Psychology of Music*, 47(3), 358-375. doi:10.1177/0305735618756764
- Cook, T. (2007). Describing what is special about the role of experiments in contemporary educational research?: putting the “gold standard” rhetoric into perspective. *Journal Of MultiDisciplinary Evaluation*, 3(6), 1-7. Recuperado de: [https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1558&context=cgu\\_fac](https://scholarship.claremont.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1558&context=cgu_fac)
- Costa-Giomi, E. (2004). Effects of three years of piano instruction on children’s academic achievement, school performance and self-esteem. *Psychology of Music*, 32(2), 139-152. doi:10.1177/0305735604041491
- D’Souza, D. y D’Souza, H. (2019). Emergent and constrained: Understanding brain and cognitive development. *Journal of Neurolinguistics*, 49, 228-231. doi:10.1016/j.jneuroling.2018.04.011
- Donaldson, S.I. y Christie, C.A. (2005). The 2004 Claremont Debate: Lipsey versus Scriven. Determining causality in program evaluation and applied research: Should experimental evidence be the gold standard? *Journal of Multidisciplinary Evaluation*, 3, 60-77.
- D’Souza, A.A. y Wiseheart, M. (2018). Cognitive effects of music and dance training in children. *Archives of Scientific Psychology*, 6(1), 178-192. doi:10.1037/arc0000048
- Dumont, E., Syurina, E., Feron, F. y van Hooren, S. (2017). Music interventions and child development: a critical review and further directions. *Frontiers in Psychology*, 8, 1694. doi:10.3389/fpsyg.2017.01694
- Ellis, R.J., Buijn, B., Norton, A.C., Winner, E. y Schlaug, G. (2013). Training-mediated leftward asymmetries during music processing: A cross-sectional and longitudinal fMRI analysis. *NeuroImage*, 75, 97-107. doi:10.1016/j.neuroimage.2013.02.045
- Fedorenko, E., Patel, A.D., Casasanto, D., Winawer, J. y Gibson, E. (2009). Structural integration in language and music: Evidence for a shared system. *Memory & Cognition*, 37, 1-9. doi:10.3758/MC.37.1.1
- Fernández, P., Vallejo, G., Livacic-Rojas, P. y Tuero, E. (2014). Validez Estructurada para una investigación cuasi-experimental de calidad. Se cumplen 50 años de la presentación en sociedad de los diseños cuasi-experimentales. *Anales de Psicología*, 30(2). doi:10.6018/analesps.30.2.166911
- Flohr, J. (1981). Short-Term music instruction and young children's developmental music aptitude. *Journal of Research in Music Education*, 29(3), 219-223. doi:10.2307/3344995

- Forgeard, M., Winner, E., Norton, A. y Schlaug, G. (2008). Practicing a musical instrument in childhood is associated with enhanced verbal ability and nonverbal reasoning. *PLoS One*, 3(10), e3566. doi:10.1371/journal.pone.0003566
- Gordon, R.L., Fehd, H.M. y McCandliss, B.D. (2015). Does music training enhance literacy skills? A meta-analysis. *Frontiers in Psychology*, 6, 1777. doi:10.3389/fpsyg.2015.01777
- Habibi, A., Cahn, B.R., Damasio, A. y Damasio, H. (2016). Neural correlates of accelerated auditory processing in children engaged in music training. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 21, 1-14. doi:10.1016/j.dcn.2016.04.003
- Habibi, A., Damasio, A., Ilari, B., Veiga, R., Joshi, A., Leahy, R., ... Damasio, H. (2018). Childhood music training induces change in micro and macroscopic brain structure: Results from a longitudinal study. *Cerebral Cortex*, 28(12), 4336-4347. doi:10.1093/cercor/bhx286
- Hannon, E., Schachner, A. y Nave-Blodgetta, J. E. (2017). Babies know bad dancing when they see it: Older but not younger infants discriminate between synchronous and asynchronous audiovisual musical displays. *Journal of Experimental Child Psychology*, 159, 159-174. doi:10.1016/j.jecp.2017.01.006
- Heras, D., Cepa, A. y Lara, F. (2016). Desarrollo emocional en la infancia. Un estudio sobre las competencias emocionales de infantes y niñas. *International Journal of Developmental and Educational Psychology*, 1(1), 67-73. Recuperado de: [https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/5307/Heras-infad\\_2016.pdf?sequence=1](https://riubu.ubu.es/bitstream/handle/10259/5307/Heras-infad_2016.pdf?sequence=1)
- Ho, Y., Cheung, M. y Chan, A. (2003). Music training improves verbal but not visual memory: cross-sectional and longitudinal explorations in children. *Neuropsychology*, 17(3), 439-450. doi:10.1037/0894-4105.17.3.439
- Hogan, J., Cordes, S., Holochwost, S., Ryu, E., Diamond, A. y Winner, E. (2017). Is more time in general music class associated with stronger extra-musical outcomes in kindergarten? *Early Childhood Research Quarterly*, 45, 238-248. doi:10.1016/j.ecresq.2017.12.004
- Hyde, K., Lerch, J., Norton, A., Forgeard, M., Winner, E., Evans, A. y Schlaug, G. (2009). Musical training shapes structural brain development. *The Journal of Neuroscience*, 29(10), 3019-3025. doi:10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009
- Jaschke, A.C., Honing, H. y Scherder, E.J.A. (2018). Longitudinal analysis of music education on executive functions in primary school children. *Frontiers in Neuroscience*, 12. doi:10.3389/fnins.2018.00103

- Jentschke, S. y Koelsch, S. (2009). Musical training modulates the development of syntax processing in children. *NeuroImage Journal*, 47(2), 735-744. doi:10.1016/j.neuroimage.2009.04.090
- Jorgensen, E. (1997). *Search of Music Education*. Illinois: University of Illinois Press.
- Koelsch, S. y Siebel, W.A. (2005). Towards a neural basis of music perception. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(12), 578-584. doi:10.1016/j.tics.2005.10.001
- Lee, Y.S., Ahn S., Holt, R.F. y Schellenberg, E.G. (2020). Rhythm and syntax processing in school-age children. *Developmental Psychology*, 56(9), 1632-1641. doi:10.1037/dev0000969
- Linnavalli, T., Putkinen, V., Lipsanen, J., Huotilainen, M. y Tervaniemi, M. (2018). Music playschool enhances children's linguistic skills. *Scientific Reports*, 8(1), 8767. doi:10.1038/s41598-018-27126-5
- Lorenzo, O., Herrera, L., Hernández-Candelas, M. y Badea, M. (2014). Influence of music training on language development. A longitudinal study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 128, 527-530. doi:10.1016/j.sbspro.2014.03.200
- Miendlarzewska, E.A. y Trost, W. J. (2014). How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in Neuroscience*, 7, 279. doi:10.3389/fnins.2013.00279
- Morán-Martínez, M.C. (2009). Psicología y Música: Inteligencia musical y desarrollo estético. *Revista Digital Universitaria*, 10(11), 1-12. Recuperado de: <http://www.revista.unam.mx/vol.10/num11/art73/int73.htm>
- Moreno, S., Bialystok, E., Barac, R., Schellenberg, E.G., Cepeda, N.J. y Chau, T. (2011). Short-term music training enhances verbal intelligence and executive function. *Psychological Science*, 22(11), 1425-1433. doi:10.1177/0956797611416999
- Moreno, S., Marques, C., Santos, A., Santos, M., Castro, S. y Besson, M. (2009). Musical training influences linguistic abilities in 8-year-old children: More evidence for brain plasticity. *Cerebral Cortex*, 19(3), 712-723. doi:10.1093/cercor/bhn120
- Moreno, S. y Besson, M. (2006). Musical training and language-related brain electrical activity in children. *Psychophysiology*, 43(3), 287-291. doi:10.1111/j.1469-8986.2006.00401.x
- Ohnishi, T., Matsuda, H., Asada, T., Aruga, M., Hirakata, M., Nishikawa, M., Katoh, A. y Imabayashi, E. (2001). Functional anatomy of musical perception in musicians. *Cerebral Cortex*, 11(8), 754-760. doi:10.1093/cercor/11.8.754

- Paolini, C.I., Oiberman, A. y Mansilla, M. (2017). Desarrollo cognitivo en la primera infancia: influencia de los factores de riesgo biológicos y ambientales. *Subjetividad y Procesos Cognitivos*, 21(2), 162-183. Recuperado de: <http://dspace.uces.edu.ar:8180/>
- Patel, A.D. (2011). Why would musical training benefit the neural encoding of speech? The OPERA hypothesis. *Frontiers in Psychology*, 2, 241. doi:10.3389/fpsyg.2011.00142
- Peretz, I. (2008) Musical disorders: From behavior to genes. *Psychological Science*, 17(5), 329-333. doi:10.1111/j.1467-8721.2008.00600.x
- Pfeiffer, C.F. y Zamani, C. (2019). *Explorando el cerebro musical. Musicoterapia, música y neurociencias*. Buenos Aires, Argentina: Kier Editorial.
- Putkinen, V., Tervaniemi, M., Saarikivi, K., de Vent, N. y Huotilainen, M. (2014). Investigating the effects of musical training on functional brain development with a novel Melodic MMN paradigm. *Neurobiology of Learning and Memory*, 110, 8-15. doi:10.1016/j.nlm.2014.01.007
- Rosales-Reynoso, M.A., Juárez-Vázquez, C.I. y Barros-Núñez, P. (2018). Evolution and genomics of the human brain. *Neurología*, 33(4), 254-265. doi:10.1016/j.nrleng.2015.06.020
- Sachs, M., Kaplan, J., Der-Sarkissian, A. y Habibi, A. (2017). Increased engagement of the cognitive control network associated with music training in children during an fMRI Stroop task. *PLoS One*, 12(10), e0187254. doi:10.1371/journal.pone.0187254
- Sala, G. y Gobet, F. (2017). When the music's over. Does music skill transfer to children's and young adolescents' cognitive and academic skills? A meta-analysis, *Educational Research Review*, 20, 55-67. doi:10.1016/j.edurev.2016.11.005
- Schlaug, G., Norton, A., Overy, K. y Winner, E. (2005). Effects of music training on the child's brain and cognitive development. *Annals of New York Academy of Sciences*, 1060(1), 219-230. doi:10.1196/annals.1360.015
- Seither-Preisler, A., Parncutt, R. y Schneider, P. (2014). Size and synchronization of auditory cortex promotes musical, literacy, and attentional skills in children. *Journal of Neuroscience*, 34(33), 10937-10949. doi:10.1523/JNEUROSCI.5315-13.2014
- Smith, N.A., Folland, N.A., Martínez, D.M. y Trainor, L.J. (2017). Multisensory object perception in infancy: 4-month-olds perceive a mistuned harmonic as a separate auditory and visual object. *Cognition*, 164, 1-7. doi:10.1016/j.cognition.2017.01.016

- Strait, D.L., Slater, J., O'Connell, S. y Kraus, N. (2015). Music training relates to the development of neural mechanisms of selective auditory attention. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 12, 94-104. doi:10.1016/j.dcn.2015.01.001
- Talamini, F., Grassi, M., Toffalini, E., Santoni, R. y Carretti, B. (2018). Learning a second language: Can music aptitude or music training have a role? *Learning and Individual Differences*, 64, 1-7. doi:10.1016/j.lindif.2018.04.003
- Trainor, L., Shahin, A. y Roberts, L. (2009). Understanding the benefits of musical training. Effects on oscillatory brain activity. *The Neurosciences and Music III—Disorders and Plasticity: Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169(1), 133-142. doi:10.1111/j.1749-6632.2009.04589.x
- Trehub, S.E. (2017). Perception: Music. *Reference module in neuroscience and biobehavioral psychology*. Elsevier. doi:10.1016/B978-0-12-809324-5.05850-8
- Trehub, S.E. y Cirelli, L.K. (2018). Precursors to the performing arts in infancy and early childhood. *Progress in Brain Research*, 237, 225-242. doi:10.1016/bs.pbr.2018.03.008
- Villaseñor-Cabrera, T., Castañeda-Navarrete, C.A., Esparcia, A.J., Rizo-Curiel, G. y Jiménez-Maldonado, M.E. (2018). Neurocognitive development, executive functions and social cognition in context of street children. *Anuario de Psicología*, 48(2), 43-50. doi:10.1016/j.anpsic.2018.07.002
- Wechsler, D. (2002). *WPPSI-III administration and scoring manual*. San Antonio, Texas: Psychological Corporation.
- Zuk, J., Perdue, M.V., Becker, B., Yu, X., Chang, M., Raschle, N.M. y Gaab, N. (2018). Neural correlates of phonological processing: Disrupted in children with dyslexia and enhanced in musically trained children. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 34, 82-91. doi:10.1016/j.dcn.2018.07.001