

## Interrelaciones entre acción y cognición. Aportaciones de la neurociencia a la educación rítmico-musical<sup>1</sup>

José Álamos-Gómez  
(Universidad de Valencia, España)

Jesús Tejada  
(Universidad de Valencia, España)

**Resumen:** El movimiento corporal ha tenido un importante rol en la formación musical y parece existir consenso en que este es uno de los medios más eficaces para el desarrollo de habilidades rítmicas. En el presente artículo se analizan y relacionan hallazgos recientes de investigación neurocognitiva que respaldan acciones formativas que apuntan en esta dirección. Algunos resultados muestran que el vínculo entre sistemas sensoriales y motores proporciona un sofisticado mecanismo de predicción temporal y retroalimentación, lo cual ha llevado a pensar que la expresión corporal influye en la forma en que se perciben ciertos elementos rítmicos. Finalmente, se plantean algunas sugerencias para la educación rítmica en la escuela y perspectivas formativas transversales relacionadas con el vínculo entre música y movimiento.

**Palabras clave:** Música y movimiento. Cognición corporizada. Educación musical. Formación rítmica. Sincronización rítmica.

### Interrelations between action and cognition. Contributions of neuroscience to education of music rhythm.

**Abstract:** *Body movement has played an important role in music education and there appears to be a consensus that it is one of the most effective means to develop rhythmic skills. In this article, we relate and analyze recent findings of neurocognitive research that support formative actions in this direction. Some results show that the link between sensory and motor systems provides a sophisticated mechanism of temporal prediction and feedback, which has led to the belief that body expression influences the way certain rhythmic elements are perceived. Finally, we propose some suggestions for rhythm education in school and cross training perspectives related to the link between music and movement.*

**Keywords:** *Music and movement. Embodied cognition. Music education. Rhythm education. Rhythmic synchronization.*

<sup>1</sup> Esta investigación ha sido patrocinada por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo. Programa de Becas Chile (folio 72190077) y por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España. Plan i+d+i 2019. Subprograma Fomento General del Conocimiento. PID2019-105762GB-I00

La expresión corporal ha tenido un significativo rol en la educación musical, especialmente en los primeros años de infancia. Durante el siglo XX y hasta la actualidad, varios enfoques y métodos de enseñanza consideran el uso de movimientos intencionales como un medio para ayudar a los estudiantes a alcanzar objetivos musicales específicos (ABRIL, 2011). Con relación al ritmo, existe un número relevante de investigaciones que lo han relacionado con la acción corporal y han estudiado la viabilidad de utilizar esta última como una herramienta para el aprendizaje rítmico (ABRIL, 2011). En suma, parece existir consenso en que la actividad motriz es uno de los medios más naturales y eficaces para alcanzar las habilidades rítmicas (LAUCIRICA; ORDOÑANA; MURUAMENDIARAZ, 2009. RICHTER; OSTOVAR, 2016. ROMERO-NARANJO, 2013. ZENATTI, 1994).

Entre los referentes de los métodos activos y metodologías pedagógico-musicales del siglo XX que daban importancia a la acción motora como herramienta para el aprendizaje rítmico se encuentran: Willems, Orff y, particularmente, Emile Jaques-Dalcroze. Willems (1981) planteaba que el ritmo, al ser conducido por funciones fisiológicas, necesariamente debiera ser acción. Orff creía que los estudiantes debían experimentar físicamente el fenómeno métrico y los patrones rítmicos y, una vez comprendidos estos elementos, expresarse a través del movimiento estructurado y no estructurado y la ejecución instrumental (ANDERSON; LAWRENCE, 2007). Jaques-Dalcroze, uno de los mayores precursores en la asociación ritmo-movimiento, afirmaba categóricamente: “el ritmo musical es movimiento y el movimiento es ritmo” (ABRIL, 2011: 106)<sup>2</sup>. Este autor utilizó la actividad corporal para desarrollar conceptos rítmicos asociados con el pulso, el metro y el ritmo (CONSTANZA; RUSSELL, 1992).

A nivel cerebral, se ha sugerido que la interacción acción-sonido es fundamental para el procesamiento de la música a lo largo de vida (LEMAN y MAES, 2014. TRAINOR, 2007). El vínculo entre sistemas sensoriales y motores proporciona un mecanismo sofisticado de predicción temporal y retroalimentación (SCHROEDER et al., 2010), que juega un papel relevante en la forma en que los humanos procesan el ritmo musical (SLATER; TATE, 2018). La expresión motriz podría tener un efecto en la forma en que se percibe el pulso, la organización métrica y los patrones rítmicos (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017. PHILLIPS-SILVER; TRAINOR, 2005, 2007).

A pesar de estos antecedentes y debido en parte a la complejidad que supone la transferencia del conocimiento sobre procesos neurobiológicos a los procesos de educación musical, aún son escasos los trabajos de investigación que han estudiado los vínculos cognitivos entre el ritmo a través de la acción corpórea y sus posibles implicaciones para la formación musical escolar. En este sentido, el objetivo del presente artículo es analizar, relacionar y sintetizar hallazgos de investigación actualizados que respalden, desde un punto de vista cognitivo, algunas metodologías y prácticas musicales que buscan facilitar el desarrollo de competencias rítmicas a través de la acción corpórea. Además, el análisis de la literatura revisada lleva a sugerir ciertas recomendaciones didácticas para la enseñanza rítmica y plantear interrogantes de investigación con relación a las conexiones cognitivas entre ritmo y expresión corporal.

## MÉTODO

La presente revisión de literatura científica se enmarca dentro de un proyecto de tesis doctoral, cuyo primer objetivo específico ha sido extraer las principales teorías y hallazgos

---

<sup>2</sup> “musical rhythm is movement and movement is rhythm” (ABRIL, 2011: 106).

recientes respecto al procesamiento cognitivo de información rítmica musical en estudiantes de Educación Primaria. Para dar respuesta al objetivo planteado, en una primera etapa se buscaron publicaciones con los términos *cognitive processing* y *rhythm* en la base de datos de WOS, arrojando esta búsqueda 1.343 resultados, puesto que se incluían no solo artículos relativos a la música, sino también vinculados con aspectos médicos o con los llamados ritmos circadianos. Atendiendo a esta situación, se especificaron los términos de búsqueda y se definieron cuatro nuevas palabras clave: *cognitive processing*, *musical rhythm*, *rhythmic education* y *elementary school*. Estos términos fueron ingresados en las bases de datos WOS, SAGE y SCOPUS, dando como resultado 295 publicaciones. A dichos resultados se les aplicaron criterios de pertinencia, relevancia y calidad (medida por publicación en revistas indexadas con alto factor de impacto), siendo seleccionadas 79 publicaciones. Adicionalmente, se incluyeron en la revisión capítulos de manuales de investigación en Educación Musical (ABRIL, 2011. CONSTANZA; RUSSELL, 1992. CORRIGALL; SCHELLENBERG, 2015. DEMOREST, 2015) y algunos textos de referencia respecto a la psicología musical y al procesamiento de aspectos temporales de la música (FRAISSE, 1976. GORDON, 2012. LERDAHL; JACKENDOFF, 1983. LEVITIN 2006. SNYDER, 2000).

Para el estudio de las publicaciones y textos seleccionados se utilizó el software de análisis cualitativo, ATLAS.ti versión 7. A partir de un procedimiento inductivo de tipo recursivo se definieron tres categorías analíticas emergentes: 1) psicología del ritmo; 2) procesamiento cognitivo de elementos básicos del ritmo (pulso, tempo, metro, acento, agrupación temporal y patrones); y 3) procesamiento cognitivo para la didáctica del ritmo. Esta última categoría se constituyó a partir de 6 códigos (subcategorías), dentro de los cuales, el que tuvo mayor frecuencia fue *relación con el movimiento corporal* (Tabla 1). Estos resultados preliminares indujeron una segunda etapa de búsqueda con los términos *body movement* y *musical rhythm*. Esta búsqueda dio como resultado 95 artículos publicados entre los años 2015 y 2020, de los cuales se seleccionaron 18 de acuerdo a criterios de pertinencia, relevancia y calidad. Además, se incluyó un texto fundamental dentro del estudio de la cognición musical corporizada (LEMAN; MAES, 2014). Con ello, se ha completado un panorama teórico sintético y actualizado respecto a los procesos cognitivos comunes entre la acción corporal y la práctica rítmica.

Categoría de Análisis	Código o subcategoría	Frecuencia
Procesamiento cognitivo para la didáctica del ritmo.	Relación con el movimiento corporal	93
	Relación con el lenguaje verbal	49
	Relación con la melodía	11
	Relación con imágenes	11
	Sincronización con otros	10
	Relación con los medios utilizados	6

**Tabla 1:** Categoría de análisis "Procesamiento cognitivo para la didáctica del ritmo", con sus respectivos códigos (subcategorías) y frecuencia por cada código.

## Vínculos entre procesamiento rítmico y movimiento corporal

La idea de que las estructuras motoras participan en la percepción y los juicios mentales en general, incluso en ausencia de acción, está siendo ampliamente aceptada (ALLMAN et al., 2014. GRUBE et al., 2010. PRESS et al., 2014). La conexión de la música con la actividad corpórea parece residir en la arquitectura neurológica del cerebro, puesto que los sistemas motores y auditivos están neurológicamente vinculados (BAUER; KREUTZ; HERRMANN, 2015).

COOPER et al., 2012. GRAHN, 2012. STUPACHER, 2019). En concreto, algunos estudios han señalado que ejecutar un ritmo es producto de una facultad sensoriomotora general del cerebro humano (JANATA; TOMIC; HABERMAN, 2012. TODD; LEE, 2015) y que el procesamiento cognitivo del ritmo depende de la actividad motora y viceversa (CHRISTENSEN et al., 2014. LESAFFRE; LEMAN, 2013). Durante la percepción rítmica, incluso en ausencia de actividad corporal, se produce una extensa activación de las áreas motoras (CHEN; PENHUNE; ZATORRE, 2008. GRAHN; ROWE, 2009. LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017. OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009. TODD; LEE, 2015).

Las estructuras cerebrales que intervienen en el procesamiento y en la producción rítmica son principalmente: ganglios basales (GRAHN, 2009), cerebelo (BENGTSSON et al., 2009. CHEN; PENHUNE; ZATORRE, 2008) y área motora suplementaria (SMA, por sus siglas en inglés) (CHEN; PENHUNE; ZATORRE, 2008. KORNYSHEVA et al., 2010). Estas tres áreas estarían relacionadas con la extracción y percepción del pulso (CAMERON et al., 2016. GRAHN; BRETT, 2009. NOZARADAN et al., 2017), especialmente los ganglios basales y el área motora suplementaria que son más activos cuando los oyentes perciben ritmos fuertemente métricos (GRAHN; BRETT, 2009). El cerebelo es la estructura más importante de estas tres áreas, puesto que, como se mencionó anteriormente, ha sido vinculado con un número considerable de tareas rítmico-auditivas. Además de cumplir un papel fundamental en el procesamiento sensoriomotor, espacial y emocional (LÓPEZ; BLANKE; MAST, 2012), el cerebelo juega un rol trascendental en el procesamiento temporal, específicamente en la detección del pulso (GRAHN; ROWE, 2013), conteniendo una subestructura dentro de la organización de la memoria que actúa como cronometrador, anticipando y sincronizando con la música percibida (LEVITIN, 2006). También, los ganglios basales son relevantes, por cuanto se constituyen como un grupo de estructuras cerebrales profundas que participan en el control motor, selección de acciones y el aprendizaje (GRAYBIEL, 2005. GRAHN; ROWE, 2009. KORNYSHEVA et al., 2010).

### **Cognición corporizada (*Embodied cognition*)**

La conciencia de que la actividad motriz juega un rol fundamental en el procesamiento de contenidos musicales, sumado a las críticas que ha recibido la tradición cognitiva por descuidar el componente de acción en la relación del sujeto con el medio ambiente (LEMAN, 2008), ha llevado al nacimiento, en los últimos años, del concepto Cognición Corporizada (*Embodied Cognition*, EC, por sus siglas en inglés). La EC es concebida como un nuevo paradigma de la cognición musical que va más allá del enfoque cognitivo clásico (LEMAN, 2008. LEMAN; MAES, 2014) y que se basa en la comprensión corpórea de las estructuras musicales (THAUT, 2005). Este enfoque de la cognición se ha vuelto cada vez más relevante dentro de este campo de estudio (LEMAN; MAES, 2014. MAES, 2016. SCHIAVIO; MENIN; MATYJA, 2014).

Algunos trabajos relacionados con aspectos temporales convergen en que la acción corpórea no solamente se constituye como funcional a procesos biológicos primarios, sino también influiría en la percepción cognitiva y, por ende, en la forma en que se procesa la información de entrada. La investigación de Varga y Heck (2017) muestra, por medio de un estudio de la respiración, que el cuerpo y los sistemas sensoriomotores del organismo no solo entregan información sensorial permitiendo la "salida" del comportamiento, sino también pueden dar forma al procesamiento cognitivo de modo significativo. Por su parte, Wilson (2002) propone que ciertas actividades sencillas, como contar con los dedos, abren nuevas perspectivas para el estudio de las estrategias cognitivas.

Con todo, numerosas interpretaciones y definiciones de lo que es “corporizado” coinciden en señalar que la EC se centra en la importancia de las funciones sensoriales y motoras para el logro de interacciones exitosas con el medio ambiente (ENGEL, 2013). “La cognición humana es completamente social y profundamente corporizada” (UITHOL; GALLESE, 2015: 457)<sup>3</sup>.

La teoría de integración sensorial es uno de los elementos clave para entender la EC. Esta teoría plantea que la música se “siente” y se percibe no solo como sonido puro, sino también como sonido en asociación con otras propiedades: experiencias visuales, táctiles y motoras (ZIMMERMAN et al., 2012). Esto explicaría la capacidad de los seres humanos de sincronizar la salida motora con la entrada sensorial cuando se realizan actividades sensoriomotoras, tales como bailar o caminar en sincronía con otras personas (IVERSEN; BALASUBRAMANIAM, 2016). De este modo, la relación entre cuerpo y mente, acción y percepción, durante el procesamiento musical parece reforzar la idea de que el movimiento favorece el aprendizaje rítmico (LEMAN; MAES, 2014).

En síntesis, los planteamientos de la EC se oponen a la idea “localizada” exclusivamente en el cerebro, sosteniendo que al menos algunos procesos cognitivos se comprenden mejor al ser considerados como una interacción dinámica entre procesos corporales (no neuronales) y neuronales (FOGLIA; WILSON, 2013). Con todo, aún es necesario unificar algunos puntos en relación con la EC, puesto que proyectos de investigación que la incluyen parecieran carecer de homogeneidad, definiciones establecidas (WILSON, 2002) y claridad sobre si la EC se concibe como complementaria o se presenta como una alternativa concreta a la ciencia cognitiva estándar (VARGA; HECK, 2017).

### **Arrastre rítmico neuronal (*Entrainment*)**

Levitin, Grahn y London (2017) plantean que, cuando se escucha música, las conexiones neuronales y acciones motrices son impulsadas por señales musicales externas, especialmente relacionadas con el sistema sensoriomotor. Estos procesos rítmicos internos generalmente tienen características de osciladores jerárquicos sincronizados a frecuencias temporales particulares (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017). Los osciladores corresponden a la actividad sincrónica de conjuntos neuronales que están intrínsecamente relacionados por una entrada común (ARNAL; POEPPPEL; GIRAUD, 2016) y que pueden ser fundamentales para la construcción de un sistema dinámico de patrones de frecuencia, o un banco de osciladores, que se acoplan a ritmos externos permitiendo el arrastre a entradas auditivas con diferentes características acústicas (LEHMANN; ARIAS; SCHONWIESNER, 2016)<sup>4</sup>.

La habilidad de arrastrar el movimiento a un ritmo musical se podría relacionar con la acción espontánea inducida por la música (por ejemplo, marcar el pulso con el pie), que generalmente es coincidente con el ritmo de esta (LEMAN, 2008). La coordinación de una acción motora periódica y regular con una música externa puede ser entendida como un *arrastre rítmico neuronal (Entrainment; ARN* de aquí en adelante), que puede darse entre individuos o entre un individuo y un estímulo musical (CLAYTON, 2012).

El ARN es un concepto relacionado directamente con la forma en que se modifican y/o representan los ritmos a través de la expresión corpórea (SLATER; TATE, 2018). La actividad

---

<sup>3</sup> "Human cognition is thoroughly social, and deeply embodied" (UITHOL; GALLESE, 2015: 457).

<sup>4</sup> Aplicado a la percepción rítmico-musical, el oscilador puede ser entendido como un dispositivo que permite dividir eventos temporales en partes iguales, dando origen a regularidades y, por ende, facilitando el procesamiento de información rítmica.

motora está vinculada con las oscilaciones jerarquizadas y con la tendencia generalizada de las personas a moverse espontáneamente con la música (LESAFFRE et al., 2008). El ARN es un principio físico que consiste en la adaptación de al menos dos agentes oscilantes hacia una fase y un período común, los cuales podrían conducir a los osciladores hacia una perfecta sincronización (MIENDLARZEWSKA; TROST, 2014). En concreto, Nozaradan et al. (2015) sugieren que los osciladores vinculados con el pulso se relacionan con el acoplamiento sensoriomotor. Además, el ARN jugaría un papel clave en el seguimiento del ritmo (TIERNEY; KRAUS, 2015), proporcionando expectativas y predicciones que son cruciales para la experiencia placentera durante la audición musical (SALIMPOOR et al., 2015; STUPACHER, 2019).

Los seres humanos pueden realizar este ARN en el nivel de pulso o patrones regulares con gran precisión y coincidir con un determinado ritmo de forma casi perfecta (REPP; SU, 2013). Sin embargo, para lograr el arrastre debe existir una representación interna del ritmo, que puede verse facilitada si la acción corpórea comienza simultáneamente con el ritmo y no después (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017). Los resultados de algunos trabajos sobre el entrenamiento motriz previo con metros determinados y el reconocimiento de metros en contextos sonoros ambiguos muestran que el ARN no solo está determinado por las características acústicas de los ritmos, sino que también influyen las experiencias anteriores de movimiento corporal (CHEMIN; MOURAUX; NOZARADAN, 2014. PHILLIPS-SILVER; TRAINOR, 2005, 2007, 2008). Los estudios mostraron que los bebés y los niños prefirieron las versiones de los ritmos acentuados de acuerdo con el metro para el que fueron entrenados, lo que indica que el acoplamiento sensoriomotor es recíproco y adaptativo (VUUST, 2017) y que el sistema motor puede afectar el sistema auditivo y viceversa (IVERSEN; REPP; PATEL, 2009).

En síntesis, los procesos perceptivos tienen gran relación con los procesos psicomotores (RICHTER; OSTOVAR, 2016. TODD; LEE, 2015), por lo que parece confirmarse la idea de que gran parte de lo que sucede en la percepción puede ser entendido en términos de acción (STUPACHER, 2019). Actualmente, existe amplio consenso en que el movimiento corporal influye en las formas en que se percibe y representa la música, pudiendo moldear la percepción de los ritmos musicales (ABRIL, 2011. CHEMIN; MOURAUX; NOZARADAN, 2014. MANNING; SCHUTZ, 2013. MORILLON; SCHROEDER; WYART, 2014), influir en la percepción de la expresividad musical de los niños (MAES; LEMAN, 2013) o incluso en las preferencias musicales (SEDLMEIER; WEIGELT; WALTHER, 2011).

Todo esto ha llevado a sugerir que la actividad motriz puede mejorar la percepción y procesamiento del ritmo, así como su detección y sincronización (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017. STUPACHER, 2016), inclusive en el caso de ritmos complejos (SU; PÖPPEL, 2012). En este sentido, se deberían continuar fomentando prácticas pedagógico-musicales que involucren la acción corpórea para la adquisición de habilidades rítmicas, especialmente aquellas relacionadas con la identificación y producción de regularidades, tales como el pulso y los acentos métricos, los cuales son fundamentales para coordinar la ejecución instrumental, la ejecución vocal u otras actividades musicales grupales. Además, debiera tenerse en cuenta el elemento lúdico implícito en la expresión corporal, dado que la promoción del disfrute mediante experiencias placenteras durante la audición podría favorecer el aprendizaje rítmico y musical en general.

## **Implicaciones para la formación rítmica en la escuela**

Durante siglos, se ha intuido que la actividad motriz es una manera de desarrollar y reforzar las habilidades musicales, así como un medio para que los estudiantes demuestren

sus conocimientos (ABRIL, 2011). Esto se ha visto reflejado en las prácticas pedagógicas de muchos docentes de música e, incluso, ha repercutido en el diseño de metodologías musicales del siglo XX que asignan especial atención a la acción motriz como, por ejemplo, el método de Jaques-Dalcroze y el modelo de Carl Orff. A pesar de esto, y debido en parte a la complejidad que supone la transferencia del conocimiento sobre procesos neurobiológicos a la educación musical, aún son escasos los trabajos de investigación que han estudiado los vínculos cognitivos entre el ritmo-movimiento y sus implicaciones para la enseñanza musical a nivel escolar.

El trabajo de Rose (1995) señala que la competencia rítmica de estudiantes de 5 a 7 años de edad mejoró significativamente al recibir 32 semanas de instrucción basada en el método Jaques-Dalcroze, en contraste con estudiantes que recibieron formación mediante explicaciones verbales y sin acción motora. De forma convergente, otro estudio reportó que estudiantes de Sexto curso de Primaria que recibieron 10 semanas de instrucción basada en la actividad corporal, a través de música en general, danzas e ideas teóricas, puntuaron significativamente mejor en una prueba de sincronización que aquellos estudiantes que recibieron enseñanza rítmica tradicional, sin el uso de movimiento (ROHWER, 1998). Por su parte, Wang (2008) descubrió que las actividades de eurítmica de Jaques-Dalcroze desarrolladas por un periodo de 6 meses produjeron un aumento significativo en las capacidades rítmicas de estudiantes chinos de 11 años. Estos trabajos han estudiado el desarrollo de la capacidad del alumnado de “mantener” un pulso constante durante las actividades de percepción y producción musical. De ello se deduce la relevancia de esta competencia específica durante los primeros años de formación musical. No obstante, en el estudio de Rohwer (1998) se hallaron bajas correlaciones entre las variables dependientes: habilidad de percepción del pulso, sincronización con pulso y precisión con pulso durante la ejecución instrumental. En la disciplina de educación musical, estos resultados abren ciertas interrogantes relacionadas con la repercusión o beneficios que puede tener la capacidad perceptiva rítmica en actividades de producción rítmica, como coordinar con la pulsación durante la ejecución instrumental. Es decir, el alumnado que percibe adecuadamente un pulso, ¿lo percute también de manera correcta? ¿Puede mantener un pulso constante sin acelerarse o decelerarse durante la práctica instrumental? O, al revés, ¿se puede dar por sentado que el alumnado que produce sonidos y coordina correctamente con la pulsación -por ejemplo, durante la percusión de frases rítmicas o práctica instrumental- percibe correctamente el pulso durante actividades pasivas en las que no media la expresión corporal? Wang (2008) responde parcialmente a este cuestionamiento pues sugiere que ciertas actividades corporales (balanceo, palmeo, giros corporales y percusión de ritmos simples), influyen en la capacidad de percepción y transcripción de patrones rítmicos de cuatro compases en metros de 2/4, 3/4 y 4/4.

Otras investigaciones en contextos educativos especiales también han reportado los efectos positivos de la acción motora en el desarrollo de habilidades musicales. Niños y niñas con implante coclear mejoraron su capacidad de identificar y memorizar canciones cuando realizaron tareas relacionadas con la escucha activa a través de la danza (VONGPAISAL; CARUSO; YUAN, 2016). Por otra parte, estudiantes con discapacidad intelectual mostraron una mejora significativa en las habilidades rítmico-musicales después de un año de formación basada en el método Willems (SMOLEJ; PEKLAJ, 2019). No obstante, habría que tomar los resultados de este estudio con cautela, pues se utilizaron otros recursos propios del método además de la actividad motora.

Si bien aún resultan escasos los estudios empíricos existentes, los resultados coinciden en señalar que la actividad corpórea favorece el desarrollo de habilidades rítmicas. Esto, por una parte, respaldaría las prácticas pedagógico-musicales que apuntan en esa dirección y, por otra, podría llevar a la toma de decisiones pedagógicas tendentes a optimizar el escaso tiempo asignado para la educación musical en las escuelas y/o a contribuir con la motivación del alumnado.

En relación con la edad, a medida que los niños crecen se observa una maduración paulatina que favorece el aumento de las habilidades motoras relacionadas con la música (ZIMMERMAN, 2002) y las capacidades rítmicas y de sincronización (ABRIL, 2011). Por otra parte, durante la primera infancia las actividades locomotoras que involucran todo el cuerpo son más complejas que la expresión motora pequeña o sin desplazamiento, por lo que podría deducirse que la forma más fácil de reproducir el ritmo en la infancia es mediante recursos que no implican desplazamiento o acción de grandes partes del cuerpo, como es el caso del ritmo hablado (ABRIL, 2011). En este sentido, estarían bien encaminadas aquellas prácticas pedagógicas que utilizan la lengua materna -por medio de sílabas, palabras o frases verbales- como una estrategia propedéutica para facilitar la adquisición de habilidades rítmicas durante los primeros años de infancia. Esta última es una interesante línea de investigación, sin embargo, escapa a los intereses del presente estudio.

## Elementos específicos del ritmo y su vinculación con el movimiento

Hallazgos de investigación cognitiva referidos a elementos rítmicos específicos que implican actividad motriz han sido escasamente transferidos a investigaciones en educación musical, por lo que a continuación se intentará establecer algunas conexiones entre el ámbito investigativo y la formación rítmico-musical escolar.

Parece existir una tendencia natural a moverse a un ritmo regular y con intervalos isócronos, incluso si la música escuchada contiene ritmos sincopados (NOZARADAN, 2014. NOZARADAN; PERETZ; MOURAUX, 2012) o polirritmias (VUUST et al., 2006). Esto podría resultar beneficioso, puesto que mantener un pulso isócrono a través de la acción corporal durante experiencias formativas puede favorecer la adquisición de capacidades de sincronización cinestésicas (ABRIL, 2011), aumentando el rendimiento en las respuestas motoras y en la discriminación perceptiva en todos los dominios sensoriales (MIENDLARZEWSKA; TROST, 2014. NOBRE; CORREA; COULL, 2007). Además, la isocronía, proporcionada principalmente por el pulso y acentos métricos, desempeña un papel significativo en la danza, puesto que los procesos perceptivos tienen el importante rol de facilitar los procesos motores (FITCH, 2016. LALAND; WILKINS; CLAYTON, 2016). Fitch (2016) sostiene que los aspectos centrales del ritmo musical solo pueden entenderse completamente en el contexto de la danza y la expresión corporal. Como ejemplo, este autor plantea que dos de los metros musicales más básicos y omnipresentes (2/2 y 4/4) se observan naturalmente, en forma de movimiento, durante el caminar de cualquier persona:

[...] el metro de compás más sencillo posible proviene, de una forma bastante natural, del simple acto de caminar. No obstante y dado que debemos ascender y descender cada pierna, la convención para contar ciclos conduce a la subdivisión de cada uno de ellos: derecha, arriba, izquierda, arriba. Esto produce un metro de compás de 4/4, con los ciclos de arsis 1 y 3 (donde el pie contacta) y los ciclos de tesis 2 y 4 (donde el pie se eleva al máximo). (FITCH, 2016: 2)<sup>5</sup>.

---

<sup>5</sup> "...the simplest possible 2/2 meter derives, quite naturally, from attending to simple bipedal locomotion. But given that we must both raise and lower each leg during bipedal walking, the cycle-counting convention leads to a four-way subdivision of each cycle: right - up - left - up. This yields a 4/4 meter, with the 1 and 3 as "downbeats" (where the foot makes contact) and the 2 and 4 as upbeats (where one foot is maximally raised)" (FITCH, 2016: 2).

Esto lleva al mismo Fitch (2016) a plantear la necesidad de esforzarse por realizar análisis de los procesos cognitivos involucrados en la danza, con el objetivo de comprender, con un enfoque ecológicamente válido, las limitaciones cognitivas que subyacen a los aspectos rítmico-musicales, especialmente teniendo en cuenta que muchas formas de la música encuentran sus orígenes rítmicos y métricos en los estilos de baile correspondientes.

Fraisse (1976) señaló que la actividad motora depende principalmente de la isocronía y periodicidad de los elementos acentuados, por lo que el acento tiene gran trascendencia en la experiencia rítmica. A modo de ejemplo, este autor plantea que los tiempos “fuertes” de marchas y danzas provocan un gran aumento de la actividad motriz sincronizada. Estas ideas coinciden con las de Phillips-Silver y Trainor (2005, 2007, 2008), quienes han demostrado la importancia de la acción corpórea en la representación métrica de tiempos “fuertes” y “débiles”. En relación con esto, una de las expresiones corporales sincronizadas con la música que más parece influir en la percepción del metro es el movimiento de la cabeza (BURGER et al., 2018. DEMOREST, 2015). Además, mediante un análisis de la actividad corporal espontánea mientras se escucha música, se ha sugerido que los acentos métricos dos y cuatro en un metro de 4/4 tienden a sincronizarse con la rotación y la flexión lateral del torso superior (TOIVAINEN et al., 2010).

En cuanto a la sincronización del pulso con partes específicas del cuerpo, no hay convergencia en los resultados de los estudios. Los hallazgos sugieren que el pulso se podría coordinar naturalmente con los movimientos mediolaterales de los brazos (TOIVAINEN et al., 2010), con el torso (WITEK et al., 2017) o con la cadera y los pies (BURGER et al., 2018). Estos resultados ponen en evidencia la complejidad de relacionar ciertas acciones motrices con elementos musicales específicos. Al mismo tiempo, plantea un desafío en los estudios sobre cognición corporizada y su posterior aplicación didáctica.

Mediante imágenes por resonancia magnética funcional, se ha descubierto que los ganglios basales responden en mayor medida a los ritmos simples que a los complejos durante la percepción del ritmo (GRAHN; MCAULEY, 2009. VUUST, 2017). Complementariamente, cuando hay un ritmo marcado, bien saliente y que puede ser reconocido inmediatamente en la música, la actividad general del cuerpo tiende a ser más regular y estable que cuando el ritmo es más débil o menos regular (BURGER et al., 2013). Estos hallazgos invitan a utilizar elementos rítmicos con características específicas que tiendan a facilitar la adquisición de habilidades rítmicas en contextos formativos iniciales, como por ejemplo: 1) pulsos isócronos, pues se presume una propensión biológica a la isocronía en los seres humanos (ARNAL; GIRAUD, 2012. FUJII; WAN, 2014); 2) tempo en torno a 100-120 bpm, ya que este sería un rango óptimo que facilita ciertas actividades rítmicas y promueve la expresión natural del cuerpo (ETANI et al., 2018); 3) metros de acentuación binaria, pues se especula la existencia de una predisposición cognitiva hacia ellos (HAUMANN et al., 2018); y 4) secuencias rítmicas basadas en la relación 2:1 (largo-corto, por ejemplo: negra-corchea), debido a su regularidad, que hace más sencillo su procesamiento y producción (GORDON, 2012. REPP; LONDON; KELLER, 2011).

Con respecto a la percepción rítmica con distintas frecuencias sonoras durante la expresión corporal, algunos estudios han observado que un pulso fuerte en las frecuencias bajas contribuye más eficazmente a la acción regular inducida por la música (DYCK et al., 2013. HOVE; MARTINEZ; STUPACHER, 2020). En este sentido, las personas tendrían mayor disposición y preferencia por mover su cuerpo en contextos rítmico-musicales con líneas de bajo fuertemente presentes (ETHAN, 2019). También se ha señalado que los movimientos de la cabeza tienden a sincronizarse con los sonidos de baja frecuencia, mientras que la acción de las manos tiende a coincidir con sonidos de alta frecuencia (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017). Estos resultados conducen a diferentes sugerencias: primero, que estilos, repertorios o fragmentos musicales con

las líneas del bajo destacadas, con pulsos y acentos claramente marcados, serían recomendables en etapas de aprendizaje musical y rítmico inicial; segundo, que en la selección de secuencias sonoras o fragmentos musicales se deberían privilegiar instrumentos musicales con rangos de altura congruentes con la parte del cuerpo a utilizar (por ejemplo: bajo, bombo, tuba o fagot para la cabeza y percusiones menores o platillos de batería para las manos). En ambos casos, es clave considerar que la música con menos percusión tiende a inducir una acción menos regular (BURGER et al., 2013), por lo que, dentro del contexto formativo inicial, debiera incluirse música con líneas de percusión bien marcadas y claramente perceptibles.

Finalmente, se ha planteado que existen otras características acústicas que influyen en la expresión corporal espontánea a partir de la audición musical. Además del ritmo y la frecuencia sonora, parecen existir algunas características relacionadas con el timbre que afectarían la actividad motora (BURGER et al., 2013). Este hecho, dentro del contexto escolar, podría relacionarse con la selección de determinados instrumentos musicales de acuerdo con la parte del cuerpo implicada en la acción rítmica. En este sentido, resulta necesario continuar explorando por medio de trabajos empíricos los mecanismos musicales más idóneos para facilitar la actividad corporal en sincronización con el ritmo musical, especialmente en contextos formativos iniciales.

## **Movimiento y sincronización con otros**

Parte importante de las actividades de aprendizaje llevadas a cabo en la clase regular de música, especialmente durante las etapas de Educación Infantil y Primaria, implican dinámicas grupales tales como coreografías, rondas, mímicas y juegos de sincronización. Estas actividades, que en muchos casos buscan desarrollar la musicalidad a través de la expresión corporal, plantean la necesidad de atender la valía que pueden tener los trabajos de sincronización corporal en el aula. La tendencia a sincronizar la acción corpórea con el sonido, especialmente en grupo, parece ser universal en la cultura (IVERSEN; BALASUBRAMANIAM, 2016). Esta predisposición ha sido reconocida como un elemento relevante para la evolución humana que, en cierto modo, ha permitido la cohesión de comunidades sociales más grandes (BROWN; JORDANIA, 2013. KOELSH, 2010), aumentando la cooperación, la coordinación, la comunicación, el contacto y la cognición social entre los miembros de un colectivo (KOELSCH, 2010. MIENDLARZEWSKA; TROST, 2014).

Algunos estudios muestran que el grupo de pares y el contexto social son fundamentales para favorecer la sincronización rítmico-musical a nivel corporal (HODGES, 2015). Por ejemplo, el estudio de Kirschner y Tomasello (2009) muestra que niños de 2 años pueden sincronizarse con un pulso fuera de su rango preferido, siempre y cuando este sea percutido junto a un compañero. En los resultados también se menciona que niños entre 2 y 4 años demuestran habilidades de sincronización audio-motoras más precisas cuando interactúan con un compañero que cuando percuten individualmente un pulso escuchado desde un reproductor, o con una máquina que muestra exclusivamente señales visuales (KIRSCHNER; TOMASELLO, 2009). En conjunto, estos hallazgos sugieren el uso de secuencias didácticas que impliquen coordinarse con otras personas, porque la sincronización es un elemento fundamental, tanto para la música como para la danza (REPP, 2006. RICHTER; OCTAVAR, 2016). Algunas de las actividades rítmicas que frecuentemente se realizan en educación primaria y que debieran seguir desarrollándose preferentemente de forma grupal son, por ejemplo, sincronizar con pulsos y acentos a través de la audición participativa de músicas de distintas procedencias; ejecutar pequeñas coreografías en torno a canciones infantiles; cantar mientras se “marca” el pulso con los pies de forma coordinada; percutir ecos y/o preguntas y respuestas rítmicas; entre otras.

## Otras perspectivas formativas a través del binomio acción-cognición

Más allá del desarrollo de competencias musicales específicas, la expresión corporal en sincronía con el procesamiento temporal puede facilitar la adquisición de otros recursos cognitivos. Miendlarzewska y Trost (2014) proponen que la producción sincronizada de respuestas motoras que dependen del procesamiento temporal podría activar los recursos de atención, el control de movimiento, la memoria de trabajo auditiva e incluso, la sincronía social. Los autores plantean que estos aspectos particulares de la formación musical, ausentes en otras manifestaciones artísticas, contribuyen al desarrollo integral de las habilidades cognitivas.

Con relación al desarrollo integral del alumnado, la empatía es un aspecto actitudinal que debería estar involucrado en la etapa formativa. En este sentido, algunos hallazgos recientes relacionan directamente la empatía con la actividad sincrónica con otros (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017). El vínculo entre la empatía y la acción sincronizada con pares tiene su base neurológica en el *sistema de neuronas en espejo* (*Mirror Neuron System* o MNS) alojado en la corteza motora (RIZZOLATTI, 2005). Esto coincide con la EC, la cual considera que la empatía es un proceso fundamentalmente corporizado (IACOBONI, 2009). Realizar una actividad en sincronía con otros está fuertemente vinculado con la activación del MNS (MIENDLARZEWSKA; TROST, 2014. OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009. TOGNOLI et al., 2007), por lo que el MNS adquiere gran protagonismo en la práctica de actividades tales como la música y la danza (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017).

Silberstein y Whitfield (2017) presentan la teoría denominada *simulación de empatía*. Esta teoría sugiere que el procesamiento motor se utiliza para empatizar a través de la imitación o modelado de las acciones de los demás. Esto coincide con los planteamientos de la EC descritos anteriormente, que postulan que la música, especialmente el ritmo, se percibe como un estímulo motor. En ambos casos, el MNS podría ser un mecanismo subyacente y superpuesto entre la capacidad de empatizar con los demás y la capacidad de percibir el ritmo en la música (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017). Los autores mencionados sugieren que, de confirmarse la relación entre el desarrollo del aprendizaje motor, las habilidades musicales y la empatía, podrían darse condiciones para el establecimiento de estrategias terapéuticas de entrenamiento musical en el tratamiento de trastornos de empatía.

El MNS se ha vinculado también con la emoción por medio del *modelo de experiencia de movimiento afectivo compartido* (OVERY; MOLNAR-SZAKACS, 2009) y a través de la empatía social (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017). Esta evidencia confirma la trascendencia que ha tenido la actividad motriz sincronizada para la evolución humana. Además, respalda de algún modo la necesidad de desarrollar aprendizajes, especialmente rítmico-musicales, mediante la expresión corpórea colectiva. Con todo, se ha señalado que es conveniente ser cautos puesto que hay controversia con relación al constructo MNS en la comunidad neurocientífica (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017). Por una parte, se señala que el MNS evolucionó específicamente para permitir la comprensión de las acciones observadas y, por otra, que es un subproducto del aprendizaje asociativo sensoriomotor (HEYES, 2010).

En síntesis, los hallazgos expuestos hasta aquí respaldan las prácticas pedagógico-musicales y las metodologías basadas en la acción corporal. Además, llevan a pensar que los beneficios de las actividades sensoriomotoras trascienden los procesos específicos de la educación musical, puesto que podrían repercutir positivamente en la adquisición de recursos cognitivos necesarios para el aprendizaje en general.

## CONCLUSIONES

El objetivo de este trabajo ha sido analizar, relacionar y sintetizar hallazgos de investigación sobre el vínculo entre el procesamiento rítmico-musical y la actividad corporal. La finalidad, por una parte, ha sido sustentar teóricamente prácticas pedagógico-musicales que faciliten el desarrollo de competencias rítmicas a través de la acción motriz y, por otra, sugerir algunas recomendaciones didácticas para el aprendizaje rítmico. Además, se dejan planteadas ciertas interrogantes de investigación relacionadas con las conexiones cognitivas entre ritmo y actividad corporal.

Los sistemas motores y auditivos están neurológicamente vinculados (BAUER; KREUTZ; HERRMANN, 2015. COOPER et al., 2012. GRAHN, 2012. STUPACHER, 2019) puesto que comparten códigos neuronales comunes (RICHTER; OSTOVAR, 2016. TODD; LEE, 2015). Actualmente, existe amplio consenso en que el movimiento corporal influye en las formas en que se percibe y representa la música, pudiendo moldear la percepción de los ritmos musicales (ABRIL, 2011. CHEMIN; MOURAUX; NOZARADAN, 2014. PHILLIPS – SILVER; TRAINOR, 2005, 2007, 2008). Además, la expresión corporal podría mejorar la capacidad de detectar y sincronizarse con el ritmo (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017. STUPACHER et al., 2016), incluyendo ritmos complejos (SU; POPPEL, 2012).

Dos de los fundamentos teóricos que actualmente cuentan con un amplio respaldo y que han intentado explicar neurológicamente las conexiones entre el ritmo y la actividad motora son: el *arrastré rítmico neuronal (Entrainment)* y la *cognición corporizada (Embodied cognition)*. Por una parte, el primer fenómeno se relaciona con la tendencia generalizada de las personas a moverse espontáneamente con la música (LESAFFRE et al., 2008) y sincronizarse con ella. El *entrainment* sería uno de los principales responsables de la modificación y/o representación de los ritmos a través de la actividad corporal (SLATER; TATE, 2018). Por otra parte, la *cognición corporizada (EC)* sostiene que al menos algunos procesos cognitivos se comprenden mejor al ser considerados como una interacción dinámica entre procesos corporales (no neuronales) y neuronales, oponiéndose a la idea de que el procesamiento de los estímulos externos es realizado exclusivamente por el sistema cognitivo (FOGLIA; WILSON, 2013).

Con relación a la educación rítmica en la escuela, aún son escasos los trabajos de investigación que han estudiado los alcances didácticos que pueden tener los vínculos cognitivos entre el ritmo y la expresión corporal. Sin embargo, los hallazgos presentados en este artículo respaldan ampliamente las metodologías y prácticas rítmico-musicales basadas en la acción corpórea. Además, la tendencia a sincronizar la actividad motriz con el sonido -que pareciera ser universal en la cultura- especialmente en grupo (IVERSEN; BALASUBRAMANIAM, 2016), invita a priorizar secuencias didácticas que involucren la interacción rítmico-corporal con otras personas. La predisposición a sincronizarse colectivamente ha sido reconocida como un elemento relevante para la evolución humana. Esto ha permitido, en cierto modo, la cohesión de grupos sociales más grandes (BROWN; JORDANIA, 2013. KOELSH, 2010), aumentando la cooperación, la coordinación, la comunicación, el contacto y la cognición social entre los miembros de un grupo (KOELSCH, 2010. MIENDLARZEWSKA; TROST, 2014).

Con respecto a los elementos específicos del ritmo en contextos formativos iniciales, se deberían privilegiar metros binarios y secuencias rítmicas simples y regulares basadas en la proporción 2:1. Esto considerando que las evidencias señalan que durante la expresión corporal, los ganglios basales responden en mayor medida a los ritmos más simples que a aquellos más complejos (GRAHN; MCAULEY, 2009. VUUST, 2017) y que las acciones generales del cuerpo son más regulares y estables cuando hay un ritmo claro y fuerte (BURGER et al., 2013). Con relación al pulso, se sugiere incluir música con pulsos fuertes en las frecuencias bajas, pues

esto podría contribuir eficazmente a la acción regular inducida por la música (BURGER et al., 2013. DYCK et al., 2013). Además, en la selección de audiciones o instrumentos musicales dentro de la práctica rítmica corporal, debiera tenerse en cuenta que los movimientos de la cabeza sincronizan mejor con sonidos de baja frecuencia y la actividad de las manos con sonidos de alta frecuencia (LEVITIN; GRAHN; LONDON, 2017).

Complementariamente, ciertos hallazgos recientes han establecido interesantes relaciones entre aprendizaje motor, habilidades musicales y empatía (SILBERSTEIN; WHITFIELD, 2017). De confirmarse esta asociación, se abrirían nuevas alternativas para el trabajo pedagógico en aula tendentes no solo a desarrollar habilidades rítmicas a partir de la actividad corporal, sino también al logro por parte de los estudiantes de aspectos actitudinales relevantes e integrales tales como la empatía.

A continuación, se plantean algunas recomendaciones y se realiza una prospectiva de investigación. Primero, considerando que en el contexto educativo actual se utilizan metodologías que otorgan importancia a la actividad motriz dentro de la formación musical -como el método Jaques-Dalcroze y el modelo didáctico de Carl Orff-, resultaría necesario estudiar las bases cognitivas implicadas en los procedimientos establecidos en los modelos pedagógicos activos del siglo XX, con el fin de construir una teoría que sustente su efectividad en los procesos de educación musical. Segundo, atendiendo al amplio consenso existente en torno a la idea de que la práctica musical basada en la expresión corporal es un mecanismo eficaz para el desarrollo de habilidades rítmicas, sería necesario diseñar e implementar metodologías que utilicen acciones corpóreas específicas que puedan ser respaldadas a partir de comprobación empírica en contextos educativos. Con relación a la actividad de determinadas partes del cuerpo y su repercusión en la adquisición de habilidades rítmicas, existe escasa evidencia empírica que establezca relaciones directas (causales). Esto lleva a plantear algunas interrogantes, por ejemplo, ¿qué acciones corporales son las más efectivas para el desarrollo de competencias rítmicas? ¿qué competencias rítmicas específicas se ven favorecidas con una determinada acción? ¿qué movimientos son más eficaces para mejorar la sincronización tanto individual como grupal? Finalmente, si bien se han establecido relaciones entre los mecanismos cognitivos involucrados en actividades motoras sincronizadas y algunos elementos básicos del ritmo, como pulso, metro y acento, queda todavía por descubrir las conexiones neuronales que se generan a partir de movimientos complejos, como los experimentados al ejecutar esquemas rítmicos corporales o coreografías.

## REFERENCIAS

ABRIL, Carlos. Music, Movement, and Learning. In: COLLWELL, R.; WEBSTER P. (Org.). *MENC Handbook of Research on Music Learning: Volume 2: Applications*. New York: Oxford University Press, 2011. p. 92-129.

ALLMAN, Melissa J. et al. Properties of the Internal Clock: First- and Second-Order Principles of Subjective Time. *Annual Review of Psychology*. United States, v. 65, n. 1p. 743-771, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24050187>

ANDERSON, William; LAWRENCE, Joy. *Integrating music into the elementary classroom*. 7<sup>th</sup> Edition. Belmont: Cengage Learning, 2007.

ARNAL, Luc H; GIRAUD, Anne-Lise. Cortical oscillations and sensory predictions. *Trends in Cognitive Sciences*. England, v. 16, n. 7, p. 390-398, 2012. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1364661312001210>

ARNAL, Luc; POEPEL, David; GIRAUD, Anne-Lise. A neurophysiological perspective on speech processing in "The Neurobiology of Language". In: HICKOK G.; SMALL S. L. (Org.) *Neurobiology of language*. San Diego: Academic Press, 2016. p. 463-478.

AUER, Anna-Katharina R.; KREUTZ, Gunter; HERRMANN, Christoph S. Individual musical tempo preference correlates with EEG beta rhythm. *Psychophysiology*. United States, v. 52, n. 4, p. 600-604, 2015. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/psyp.12375>

BENGTSSON, Sara L. *et al.* Listening to rhythms activates motor and premotor cortices. *Cortex*. Italy, v. 45, n. 1, p. 62-71, 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2008.07.002>

BROWN, Steven; JORDANIA, Joseph. Universals in the world's musics. *Psychology of Music*. London, England, v. 41, n. 2p. 229-248, 2013. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0305735611425896>

BURGER, Birgitta *et al.* Influences of Rhythm -and Timbre-Related Musical Features on Characteristics of Music- Induced Movement. *Frontiers in Psychology*. Switzerland, v. 4, p. 183, 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23641220>

BURGER, Birgitta *et al.* Synchronization to metrical levels in music depends on low-frequency spectral components and tempo. *Psychological Research*. Berlin/Heidelberg, v. 82, n. 6, p. 1195-1211, 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28712036>

CAMERON, Daniel J. *et al.* The Effect of Dopaminergic Medication on Beat-Based Auditory Timing in Parkinson's Disease. *Frontiers in Neurology*. Switzerland, v. 7, p. 19, 2016. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26941707>

CHEMIN, Baptiste; MOURAUX, André; NOZARADAN, Sylvie. Body Movement Selectively Shapes the Neural Representation of Musical Rhythms. *Psychological Science*. Los Angeles, CA, v. 25, n. 12p. 2147-2159, 2014. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0956797614551161>

CHEN, Joyce L.; PENHUNE, Virginia B.; ZATORRE, Robert J. Listening to Musical Rhythms Recruits Motor Regions of the Brain. *Cerebral Cortex*. United States, v. 18, n. 12, p. 2844-2854, 2008. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18388350>

CHRISTENSEN, Julia F. *et al.* Enhancing emotional experiences to dance through music: the role of valence and arousal in the cross-modal bias. *Frontiers in Human Neuroscience*. Switzerland, v. 8, p. 757, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25339880>

CLAYTON, Martin. What is Entrainment? Definition and applications in musical research. *Empirical Musicology Review*. [S. l.], v. 7, n. 1-2, p. 49-56, 2012. Disponible en: [https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup\\_wf\\_001::5c849c173823df1d50d02ef1678971d4](https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup_wf_001::5c849c173823df1d50d02ef1678971d4)

CONSTANZA, Peter; RUSSELL, Timothy. Methodologies in Music Education. In COLLWELL, R. (Org.). *Handbook of Research on Music Teaching and Learning* (pp. 498-508). New York, NY: Schirmer, 1992. p. 498-508.

COOPER, Richard P. *et al.* Associative (not Hebbian) learning and the mirror neuron system. *Neuroscience Letters*. Ireland, v. 540, p. 28-36, 2013. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neulet.2012.10.002>

CORRIGALL, Kathleen; SCHELLENBERG, Glenn. Music cognition in childhood. In: MCPHERSON, G. (Org.). *The child as musician*. Oxford: Oxford University Press, 2015. p. 81-101.

DEMAREST, Steven. Biological and environmental factors in music cognition and learning. In: COLLWELL, R.; WEBSTER, P. *MENC Handbook of Research on Music Learning: Volume 1 strategies*. Oxford: Oxford University Press, 2015. P. 173 – 215.

DYCK, Edith Van *et al.* The Impact of the Bass Drum on Human Dance Movement. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. [S. l.], v. 30, n. 4, p. 349–359, 2013. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/10.1525/mp.2013.30.4.349>

ENGEL, Andreas K. *et al.* Where's the action? The pragmatic turn in cognitive science. *Trends in Cognitive Sciences*. England, v. 17, n. 5, p. 202–209, 2013. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1364661313000715>

ETANI, Takahide *et al.* Optimal Tempo for Groove: Its Relation to Directions of Body Movement and Japanese nori. *Frontiers in Psychology*. Switzerland, v. 9, p. 462, 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29692747>

FITCH, W. Tecumseh. Dance, Music, Meter and Groove: A Forgotten Partnership. *Frontiers in Human Neuroscience*. Lausanne, v. 10, p. 64, 2016. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2290922380>

FOGLIA, Lucia; WILSON, Robert A. Embodied cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. Hoboken, USA, v. 4, n. 3, p. 319–325, 2013. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcs.1226>

FRAISSE, Paul. *Psicología del ritmo*. Madrid: Morata, 1976.

FUJII, Shinya; WAN, Catherine Y. The Role of Rhythm in Speech and Language Rehabilitation: The SEP Hypothesis. *Frontiers in Human Neuroscience*. Lausanne, v. 8, p. 777, 2014. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/2292085296>

GORDON, Edwin. *Learning sequences in music: a contemporary music learning theory*. Chicago: GIA Publications, 2012.

GRAHN, Jessica A. Neural Mechanisms of Rhythm Perception: Current Findings and Future Perspectives. *Topics in Cognitive Science*. Oxford, UK, v. 4, n. 4, p. 585–606, 2012. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1756-8765.2012.01213.x>

GRAHN, Jessica A. The Role of the Basal Ganglia in Beat Perception: Neuroimaging and Neuropsychological Investigations. *Annals of the New York Academy of Sciences*. United States, v. 1169, n. 1, p. 35–45, 2009. Disponible en: <http://www.ingentaconnect.com/content/bsc/nyas/2009/00001169/00000001/art00005>

GRAHN, Jessica A.; BRETT, Matthew. Impairment of beat-based rhythm discrimination in Parkinson's disease. *Cortex*. Italy, v. 45, n. 1, p. 54–61, 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cortex.2008.01.005>

GRAHN, Jessica A.; MCAULEY, J. Devin. Neural bases of individual differences in beat perception. *NeuroImage*. United States, v. 47, n. 4, p. 1894–1903, 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuroimage.2009.04.039>

GRAHN, Jessica A.; ROWE, James B. Feeling the Beat: Premotor and Striatal Interactions in Musicians and Nonmusicians during Beat Perception. *Journal of Neuroscience*. United States, v. 29, n. 23, p. 7540–7548, 2009. Disponible en: <http://www.jneurosci.org/cgi/content/abstract/29/23/7540>

GRAHN, Jessica A.; ROWE, James B. Finding and Feeling the Musical Beat: Striatal Dissociations between Detection and Prediction of Regularity. *Cerebral Cortex* (New York, N.Y. : 1991).

United States, v. 23, n. 4, p. 913–921, 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22499797>

GRAYBIEL, Ann M. The basal ganglia: learning new tricks and loving it. *Current Opinion in Neurobiology*. England, v. 15, n. 6p. 638–644, 2005. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.conb.2005.10.006>

GRUBE, Manon *et al.* Transcranial Magnetic Theta-Burst Stimulation of the Human Cerebellum Distinguishes Absolute, Duration-Based from Relative, Beat-Based Perception of Subsecond Time Intervals. *Frontiers in Psychology*. Switzerland, v. 1p. 171, 2010. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21833234>

HAUMANN, Niels T. *et al.* Influence of Musical Enculturation on Brain Responses to Metric Deviants. *Frontiers in Neuroscience*. Switzerland, v. 12, p. 218, 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29720932>

HEYES, Cecilia. Where do mirror neurons come from? *Neuroscience and Biobehavioral Reviews*. United States, v. 34, n. 4, p. 575–583, 2010. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neubiorev.2009.11.007>

HODGES, Donald. (2015) The child musician's brain. In: MCPHERSON, G. (Org.). *The child as musician*. Oxford: Oxford University Press, 2015. p. 52-66.

HOVE, Michael J.; MARTINEZ, Steven A.; STUPACHER, Jan. Feel the bass: Music presented to tactile and auditory modalities increases aesthetic appreciation and body movement. *Journal of Experimental Psychology. General*. United States, v. 149, n. 6, p. 1137–1147, 2020. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/31697113>

IACOBONI, Marco. Imitation, Empathy, and Mirror Neurons. *Annual Review of Psychology*. United States, v. 60, n. 1, p. 653–670, 2009. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/18793090>

IVERSEN, John; BALASUBRAMANIAM, Ramesh. Synchronization and temporal processing. *Current Opinion in Behavioral Sciences*. [S. l.], v. 8, p. 175–180, 2016. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235215461630050X>

IVERSEN, John; REPP, Bruno; PATEL, Aniruddh. Top-Down Control of Rhythm Perception Modulates Early Auditory Responses. *Annals of the New York Academy of Sciences*. United States, v. 1169, n. 1, p. 58–73, 2009. Disponible en: <http://www.ingentaconnect.com/content/bsc/nyas/2009/00001169/00000001/art00007>

JANATA, Petr; TOMIC, Stefan T.; HABERMAN, Jason M. Sensorimotor coupling in music and the psychology of the groove. *Journal of Experimental Psychology. General*. United States, v. 141, n. 1, p. 54–75, 2012. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21767048>

KIRSCHNER, Sebastian; TOMASELLO, Michael. Joint drumming: Social context facilitates synchronization in preschool children. *Journal of Experimental Child Psychology*. United States, v. 102, n. 3, p. 299–314, 2009. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jecp.2008.07.005>

KOELSCH, Stefan. Towards a neural basis of music-evoked emotions. *Trends in Cognitive Sciences*. England, v. 14, n. 3, p. 131–137, 2010. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1364661310000033>

KORNYSHEVA, Katja *et al.* Tuning'in to the beat: Aesthetic appreciation of musical rhythms correlates with a premotor activity boost. *Human Brain Mapping*. Hoboken, v. 31, n. 1, p. 48–64, 2010. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/hbm.20844>

LALAND, Kevin; WILKINS, Clive; CLAYTON, Nicky. The evolution of dance. *Current Biology*. England, v. 26, n. 1, p. R5–R9, 2016. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2015.11.031>

LAUCIRICA, Ana; ORDOÑANA, José Antonio; MURUAMENDIARAZ, Nerea. Consideraciones preliminares en el diseño de programas informáticos para el desarrollo rítmico. *Revista Electrónica de LEEME*, 24, 49-63, 2009.

LEHMANN, Alexandre; ARIAS, Diana; SCHÖNWIESNER, Marc. Tracing the neural basis of auditory entrainment. *Neuroscience*. United States, v. 337, p. 306–314, 2016. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S0306452216304493>

LEMAN, Marc. Embodied music cognition and mediation technology. Cambridge, Mass. [u.a.]: MIT Press, 2008.

LEMAN, Marc; MAES, Pieter-Jan. Music perception and embodied music cognition. In: SHAPIRO, L. *The Routledge Handbook of Embodied Cognition*. New York: Routledge, 2014.

LERDAHL, Fred; JACKENDOFF, Ray. *A generative theory of tonal music*. Cambridge, Massachusetts: The MIT Press, 1983.

LESAFFRE, Micheline *et al.* How potential users of music search and retrieval systems describe the semantic quality of music. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*. Hoboken, v. 59, n. 5p. 695–707, 2008. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/asi.20731>

LESAFFRE, Micheline; LEMAN, Marc. *The power of music: researching musical experiences: a viewpoint from IPEM*. Leuven: Accoed Leuven, 2013

LEVITIN, Daniel J.; GRAHN, Jessica A.; LONDON, Justin. The Psychology of Music: Rhythm and Movement. *Annual Review of Psychology*. United States, v. 69, n. 1, p. 51–75, 2017. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29035690>

LEVITIN, Daniel. *This is your brain on music*. New York, NY: Dutton, 2006.

LÓPEZ, C.; BLANKE, O.; MAST, F. W. The human vestibular cortex revealed by coordinate-based activation likelihood estimation meta-analysis. *Neuroscience*. United States, v. 212, p. 159–179, 2012. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S0306452212002898>

MAES, Pieter-Jan. Sensorimotor Grounding of Musical Embodiment and the Role of Prediction: A Review. *Frontiers in Psychology*. Switzerland, v. 7, p. 308, 2016. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26973587>

MAES, Pieter-Jan; LEMAN, Marc. The influence of body movements on children's perception of music with an ambiguous expressive character. *PloS one*. United States, v. 8, n. 1, p. e54682, 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23358805>

MANNING, Fiona; SCHUTZ, Michael. "Moving to the beat" improves timing perception. *Psychonomic Bulletin & Review*. Boston, v. 20, n. 6, p. 1133–1139, 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23670284>

MIENDLARZEWSKA, Ewa A.; TROST, Wiebke J. How musical training affects cognitive development: rhythm, reward and other modulating variables. *Frontiers in Neuroscience*. Switzerland, v. 7, p. 279, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24672420>

MORILLON, Benjamin; SCHROEDER, Charles E.; WYART, Valentin. Motor contributions to the temporal precision of auditory attention. *Nature Communications*. England, v. 5, n. 1, p. 5255, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25314898>

NOBRE, A. C.; CORREA, A.; COULL, J. T. The hazards of time. *Current Opinion in Neurobiology*. England, v. 17, n. 4, p. 465–470, 2007. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S095943880700089X>

NOZARADAN, Sylvie. Exploring how musical rhythm entrains brain activity with electroencephalogram frequency-tagging. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological sciences*. England, v. 369, n. 1658, p. 20130393, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25385771>

NOZARADAN, Sylvie *et al.* Capturing with EEG the Neural Entrainment and Coupling Underlying Sensorimotor Synchronization to the Beat. *Cerebral Cortex* (New York, N.Y.: 1991). United States, v. 25, n. 3, p. 736–747, 2015. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24108804>

NOZARADAN, Sylvie *et al.* Specific contributions of basal ganglia and cerebellum to the neural tracking of rhythm. *Cortex*. Italy, v. 95p. 156–168, 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0010945217302721>

NOZARADAN, Sylvie; PERETZ, Isabelle; MOURAUX, André. Selective Neuronal Entrainment to the Beat and Meter Embedded in a Musical Rhythm. *The Journal of Neuroscience : the Official Journal of the Society for Neuroscience*. United States, v. 32, n. 49, p. 17572–17581, 2012. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23223281>

OVERY, Katie; MOLNAR-SZAKACS, Istvan. Being Together in Time: Musical Experience and the Mirror Neuron System. *Music Perception*. USA, v. 26, n. 5, p. 489–504, 2009. Disponible en: [http://gateway.proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.88-2004&res\\_dat=xri:iimp:&rft\\_dat=xri:iimp:article:citation:iimp00680732](http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&res_dat=xri:iimp:&rft_dat=xri:iimp:article:citation:iimp00680732)

PHILLIPS-SILVER, Jessica; TRAINOR, Laurel J. Feeling the Beat: Movement Influences Infant Rhythm Perception. *Science*. United States, v. 308, n. 5727, p. 1430, 2005. Disponible en: <http://www.sciencemag.org/cgi/content/abstract/308/5727/1430>

PHILLIPS-SILVER, Jessica; TRAINOR, Laurel J. Hearing what the body feels: Auditory encoding of rhythmic movement. *Cognition*. Netherlands, v. 105, n. 3, p. 533–546, 2007. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cognition.2006.11.006>

PHILLIPS-SILVER, Jessica; TRAINOR, Laurel J. Vestibular influence on auditory metrical interpretation. *Brain and Cognition*. United States, v. 67, n. 1, p. 94–102, 2008. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.bandc.2007.11.007>

PRESS, Clare *et al.* Moving time: The influence of action on duration perception. *Journal of Experimental Psychology: General*. United States, v. 143, n. 5, p. 1787–1793, 2014. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25089534>

REPP, Bruno. Musical synchronization. In: ALTENMÜLLER, E.; WIESENDANGER, M.; KESSELRING, J. (Org.). *Music, motor control and the brain*. Oxford: Oxford University Press, 2006. p. 55–76.

REPP, Bruno; LONDON, Justin; KELLER, Peter. Perception–production relationships and phase correction in synchronization with two-interval rhythms. *Psychological Research*, Berlin/Heidelberg, v. 75, n. 3, p. 227–242, 2011.

REPP, Bruno; SU, Yi-Huang. Sensorimotor synchronization: A review of recent research (2006–2012). *Psychonomic Bulletin & Review*. New York, v. 20, n. 3, p. 403–452, 2013. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23397235>

RICHTER, Joachim; OSTOVAR, Roya. “It Don’t Mean a Thing if It Ain’t Got that Swing”- an Alternative Concept for Understanding the Evolution of Dance and Music in Human Beings.

*Frontiers in Human Neuroscience*. Switzerland, v. 10, p. 485, 2016. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27774058>

RIZZOLATTI, Giacomo. The mirror neuron system and its function in humans. *Anatomy and Embryology*. Berlin/Heidelberg, v. 210, n. 5, p. 419–421, 2005. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16222545>

ROHWER, Debbie. Effect of Movement Instruction on Steady Beat Perception, Synchronization, and Performance. *Journal of Research in Music Education*. Los Angeles, CA, v. 46, n. 3p. 414–424, 1998. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/3345553>

ROMERO-NARANJO, Francisco Javier. Science & art of body percussion: a review. *Journal of Human Sport and Exercise*. Alicante, v. 8, n. 2, p. 442–457, 2013. Disponible en: [https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup\\_wf\\_001::d24d3815c575bb24aab4afe9620e035a](https://www.openaire.eu/search/publication?articleId=dedup_wf_001::d24d3815c575bb24aab4afe9620e035a)

ROSE, Sarah. *The effects of Dalcroze Eurhythmies on beat competency performance skills of kindergarten, first-, and second-grade children*. Tesis (Doctoral). University of North Carolina, Greensboro, 1995.

SALIMPOOR, Valorie N. *et al.* Predictions and the brain: how musical sounds become rewarding. *Trends in Cognitive Sciences*. England, v. 19, n. 2, p. 86–91, 2014. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S1364661314002538>

SCHIAVIO, Andrea; MENIN, Damiano; MATYJA, Jakub. Music in the flesh: Embodied simulation in musical understanding. *Psychomusicology: Music, Mind, and Brain*. Washington, v. 24, n. 4, p. 340–343, 2014. Disponible en: <https://search.proquest.com/docview/1660448890>

SCHROEDER, Charles E. *et al.* Dynamics of Active Sensing and perceptual selection. *Current Opinion in Neurobiology*. England, v. 20, n. 2, p. 172–176, 2010. Disponible en: <https://www.clinicalkey.es/playcontent/1-s2.0-S0959438810000322>

SEDLMEIER, Peter; WEIGELT, Oliver; WALTHER, Eva. Music is in the Muscle: How Embodied Cognition May Influence Music Preferences. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*. Berkeley, v. 28, n. 3, p. 297–306, 2011. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/10.1525/mp.2011.28.3.297>

SILBERSTEIN, Joshua; WHITFIELD, Jane. Trait Empathy associated with Agreeableness and rhythmic entrainment in a spontaneous movement to music task: Preliminary exploratory investigations. *Musicae Scientiae*. London, England, v. 23, n. 1p. 5–24, 2017. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1029864917701536>

SLATER, Jessica; TATE, Matthew. Timing Deficits in ADHD: Insights From the Neuroscience of Musical Rhythm. *Frontiers in Computational Neuroscience*. Switzerland, v. 12, p. 51, 2018. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30034331>

SMOLEJ FRITZ, Barbara; PEKLAJ, Cirila. A case study of music instruction according to E. Willems' pedagogy in children with intellectual disabilities: Its impacts on music abilities and language skills. *International Journal of Music Education*. London, England, v. 37, n. 2, p. 243–256, 2019. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/0255761419833082>

SNYDER, Bob. *Music and memory: an introduction*. Cambridge: The MIT Press, 2000.

STUPACHER, Jan. The experience of flow during sensorimotor synchronization to musical rhythms. *Musicae Scientiae*. London, England, v. 23, n. 3, p. 348–361, 2019. Disponible en: <https://journals.sagepub.com/doi/full/10.1177/1029864919836720>

STUPACHER, Jan *et al.* Neural Entrainment in Drum Rhythms with Silent Breaks: Evidence from Steady-state Evoked and Event-related Potentials. *Journal of Cognitive Neuroscience*. United States, v. 28, n. 12, p. 1865–1877, 2016. Disponible en: [http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/jocn\\_a\\_01013](http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/jocn_a_01013)

SU, Yi-Huang; POPPEL, Ernst. Body movement enhances the extraction of temporal structures in auditory sequences. *Psychological Research*. Berlin/Heidelberg, v. 76, n. 3, p. 373–382, 2012. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21695472>

THAUT, Michael. *Rhythm, Music, and the Brain: Scientific Foundations and Clinical Applications*. New York: Routledge, 2005.

TIERNEY, Adam; KRAUS, Nina. Neural Entrainment to the Rhythmic Structure of Music. *Journal of Cognitive Neuroscience*. United States, v. 27, n. 2, p. 400–408, 2014. Disponible en: [http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/jocn\\_a\\_00704](http://www.mitpressjournals.org/doi/abs/10.1162/jocn_a_00704)

TODD, Neil P. M.; LEE, Christopher S. The sensory-motor theory of rhythm and beat induction 20 years on: a new synthesis and future perspectives. *Frontiers in Human Neuroscience*. Switzerland, v. 9, p. 444, 2015. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26379522>

TOGNOLI, Emmanuelle *et al.* The phi Complex as a Neuromarker of Human Social Coordination. *From the Cover*. United States, v. 104, n. 19, p. 8190–8195, 2007. Disponible en: <https://www.jstor.org/stable/25427639>

TOIVIAINEN, Petri. Embodied Meter: Hierarchical Eigenmodes in Music-Induced Movement. *Music Perception*. USA, v. 28, n. 1, p. 59–70, 2010. Disponible en: [http://gateway.proquest.com/openurl?url\\_ver=Z39.88-2004&res\\_dat=xri:iimp:&rft\\_dat=xri:iimp:article:citation:iimp00833113](http://gateway.proquest.com/openurl?url_ver=Z39.88-2004&res_dat=xri:iimp:&rft_dat=xri:iimp:article:citation:iimp00833113)

UITHOL, Sebo; GALLESE, Vittorio. The role of the body in social cognition. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Cognitive Science*. Hoboken, USA, v. 6, n. 5, p. 453–460, 2015. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1002/wcs.1357>

VARGA, Somogy; HECK, Detlef. Rhythms of the body, rhythms of the brain: Respiration, neural oscillations, and embodied cognition. *Consciousness and Cognition*. United States, v. 56, p. 77–90, 2017. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1053810017302088>

VONGPAISAL, Tara; CARUSO, Daniela; YUAN, Zhicheng. Dance Movements Enhance Song Learning in Deaf Children with Cochlear Implants. *Frontiers in Psychology*. Switzerland, v. 7, p. 835, 2016. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/27378964>

VUUST, Peter. Groove on the brain Springer. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON COMPUTER MUSIC MULTIDISCIPLINARY RESEARCH, 13<sup>th</sup>, 2017, Matosinhos, Portugal. *Music Technology with Swing*. Switzerland: Springer, 2017. p. 101-110.

VUUST, Peter. *et al.* It don't mean a thing... Keeping the rhythm during polyrhythmic tension, activates language areas (BA47). *NeuroImage*. United States, v. 31, n. 2, p. 832–41, 2006. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16516496>

WANG, Dennis Ping-Cheng. The quantifying analysis of effectiveness of music learning through the Dalcroze musical method. *US-China Education Review*. [S. l.], v. 5, n. 9 p. 32–41, 2008. Disponible en: <http://lib.cqvip.com/qk/88583X/20089/28500948.html>

WILLEMS, Edgar. *El valor humano de la educación musical*. Barcelona: Ediciones Paidós, 1981.

WILSON, Margaret. Six views of embodied cognition. *Psychonomic Bulletin & Review*. New York, v. 9, n. 4, p. 625–636, 2002. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12613670>

WITEK, Maria *et al.* Syncopation affects free body-movement in musical groove. *Experimental Brain Research*. Berlin/Heidelberg, v. 235, n. 4, p. 995–1005, 2017. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28028583>

ZENATTI, Arlette. Deux figures marquantes de la psychologie de la musique en France: Paul Fraisse, Robert Francès. In ZENATTI, A. (Org.). *Psychologie de la musique*. Paris: Psychologie d'aujourd'hui. Presses Universitaires de France, 1994. p. 317-340.

ZIMMERMAN, Emily; LAHAV, Amir. The multisensory brain and its ability to learn music. *Annals of the New York Academy of Sciences*. Malden, USA, v. 1252, n. 1, p. 179–184, 2012. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1749-6632.2012.06455.x>

ZIMMERMAN, Marilyn. Musical characteristics of children. In: CAMPBELL, M (Org.). *On musicality and milestones*. Urbana, IL: University of Illinois at Urbana-Champaign, 2002. p. 127-150.

---

**José Álamos Gómez** es Profesor de Educación Musical, Licenciado en Ciencias de la Educación y Máster en Investigación en Didácticas Específicas. Paralelamente a su trabajo como profesor en Educación Primaria y Secundaria, se ha desempeñado como docente en el Departamento de Ciencias Sociales de la Universidad de Chile, en la Facultad de Arte de la Universidad de Playa Ancha de Ciencias de la Educación y en la Universidad Academia de Humanismo Cristiano, donde ocupó el cargo de Coordinador de Prácticas al interior de la Carrera de Pedagogía en Música. En investigación posee publicaciones y ponencias especializadas en cognición musical y didáctica de la música. Actualmente, patrocinado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), cursa Doctorado en Didácticas Específicas en la Universidad de Valencia, España. [josealamos@gmail.com](mailto:josealamos@gmail.com)

**Jesús Tejada** es Profesor Superior de Música, doctor en Humanidades y doctor en Métodos de Investigación y Diagnóstico en Educación. Es profesor titular en el Instituto de Creatividad e Innovaciones Educativas de la Universidad de Valencia. Ha impartido docencia, seminarios y conferencias en universidades de España, Chile, México, Portugal y EE.UU. En investigación, sus líneas de trabajo son: contraste de efectividad multimodal de materiales de aprendizaje, efectos de los editores de partituras en la formación de imágenes mentales sonoras, diseño de evaluación de programas informáticos para el aprendizaje musical y construcción y validación de plataformas de formación musical para profesorado de música. [jesus.tejada@uv.es](mailto:jesus.tejada@uv.es)