

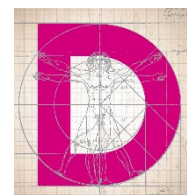
Digilec 13 (2026), pp. 45-62

Fecha de recepción: 23/04/2026

Fecha de aceptación: 29/06/2026

Fecha de publicación: 31/07/2026

DOI: 10.17979/digilec.2026.13.13519



e-ISSN: 2386-6691

Percepción de los parámetros del sonido en alumnado con discapacidad auditiva e implante coclear: revisión de evidencias y propuestas de educación musical inclusiva

Perception of sound parameters in children with hearing loss and cochlear implants: review of evidence and inclusive music education approaches

Jaume DARBRA-FA *

Universidad de Murcia

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-6896-3738>

Gregorio VICENTE-NICOLÁS **

Universidad de Murcia

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-6882-6157>

Resumen

El objetivo de este trabajo es conocer el estado del arte sobre la percepción de parámetros y elementos musicales (altura/melodía, duración/ritmo, timbre e intensidad/dinámica) en niños y niñas con sordera neurosensorial e implante coclear y proponer criterios de intervención pedagógicos multimodales inclusivos que integren perspectivas audiológicas, lingüístico-evolutivas y socioculturales de los *Deaf Studies*. Para ello se ha realizado un análisis documental de las aportaciones más relevantes sobre la percepción de la música en personas con sordera, no solo de aquellas que establecen la fundamentación teórica de la temática, sino de las investigaciones realizadas en los últimos años que evidencian los hallazgos más recientes. Los resultados muestran un mejor desempeño relativo en tareas rítmicas/duración frente a mayores dificultades en la discriminación tonal, el reconocimiento del timbre y la percepción de variaciones de intensidad. Igualmente, se observan tendencias de mejora asociadas a la exposición musical temprana y a programas de entrenamiento auditivo estructurado. Por otra parte, se constata la relevancia de las *apps* vibrotáctiles en propuestas de carácter exploratorio para la aprehensión de cada uno de los parámetros debido principalmente a la inclusión de luces LED sincronizadas y a componentes de gamificación que las hacen más lúdicas para el alumnado de corta edad. Los estudios analizados respaldan la necesidad de diseñar prácticas educativas multimodales que combinen ritmo, vibración y apoyos visuales, favoreciendo el desarrollo musical desde un enfoque inclusivo. Igualmente, se propone

* Email institucional: jaume.darbraf@um.es

** Email institucional: gvicente@um.es

integrar modelos bilingües-biculturales y estrategias de accesibilidad sonora para garantizar la participación plena del alumnado sordo en experiencias musicales significativas.

Palabras clave: sordera; implante coclear; discapacidad auditiva; educación musical inclusiva; Comunidad Sorda.

Abstract

The aim of this study is to understand the current state of knowledge regarding the perception of musical parameters and elements (pitch/melody, duration/rhythm, timbre, and intensity/dynamics) in children with sensorineural hearing loss and cochlear implants, and to propose inclusive, multimodal pedagogical intervention criteria that integrate audiological, linguistic-developmental, and sociocultural perspectives from Deaf Studies. To this end, a literature review was conducted of the most relevant contributions on music perception in people with hearing loss, including not only those establishing the theoretical foundation of the topic, but also research carried out in recent years that highlights the latest findings. The results show relatively better performance in rhythmic/duration tasks, compared to greater difficulties in pitch discrimination, timbre recognition, and the perception of intensity variations. Improvement trends were also observed in association with early musical exposure and structured auditory training programs. Furthermore, the relevance of vibrotactile apps in exploratory proposals for understanding each parameter is evident, primarily due to the inclusion of synchronized LED lights and gamification components that make them more engaging for young students. The studies analyzed support the need to design multimodal educational practices that combine rhythm, vibration, and visual aids, fostering musical development from an inclusive perspective. Likewise, the integration of bilingual-bicultural models and sound accessibility strategies is proposed to guarantee the full participation of deaf students in meaningful musical experiences.

Keywords: deafness; cochlear implant; hearing loss; inclusive music education; Deaf Community.

1. INTRODUCCIÓN

La educación musical para personas sordas ha sido investigada a lo largo de los años, sin embargo, se constata un déficit longitudinal en esta temática según el estudio de Da Silva et al. (2020), quienes analizan la producción científica de esta temática entre 1956 y 2017 publicada en la Web of Science.

La comprensión de la experiencia musical de niños y niñas con pérdida auditiva exige partir de una delimitación precisa de la sordera como fenómeno audiológico, evolutivo y educativo. Desde un enfoque funcional y biopsicosocial, Verdugo Alonso (1995) define la discapacidad auditiva como cualquier limitación o ausencia de la capacidad para realizar una actividad dentro de los límites considerados normales. Desde esta perspectiva, el término *sordera* se utiliza habitualmente de forma amplia para aludir a diferentes grados y tipos de pérdida, aunque en sentido estricto suele reservarse para pérdidas profundas superiores a 90-120 dB.

En la clasificación audiológica, los umbrales de audición permiten distinguir entre hipoacusia leve, moderada, severa, profunda y cofosia o anacusia. Esta gradación tiene consecuencias directas en las posibilidades de acceso al lenguaje oral, en la necesidad de prótesis auditivas (audífonos, implante coclear) y en el tipo de apoyos educativos requeridos. Desde la clasificación otológica, la localización de la lesión permite diferenciar entre pérdida conductiva o de transmisión, neurosensorial o de percepción y pérdida mixta. La educación musical se ve particularmente condicionada en las pérdidas neurosensoriales profundas, donde se altera tanto la cantidad como la calidad de la información sonora disponible, incluyendo parámetros finos como el timbre y la altura. Igualmente, el momento de aparición de la pérdida auditiva (prelocutiva, perilocutiva o postlocutiva) resulta especialmente crítico para la configuración del perfil lingüístico y, en consecuencia, para el modo de acceso a la educación. La pérdida prelocutiva (antes de la consolidación del habla, en torno a los 2-3 años) suele implicar la necesidad de construir el lenguaje mediante sistemas visuales (Lengua de Signos, sistemas complementarios) y apoyos tecnológicos intensivos (Limb & Roy, 2014). Por el contrario, en la sordera postlocutiva los sujetos suelen conservar un sistema lingüístico oral consolidado, lo que modula de forma distinta su relación con la educación (Goodwin & Lillo-Martin, 2019).

Desde el punto de vista del tratamiento, además de las intervenciones farmacológicas y quirúrgicas, las ayudas técnicas (audífonos analógicos o digitales, sistemas de vibración ósea, bucles magnéticos, implante coclear) podrían favorecer la experiencia auditiva de muchos niños y niñas con sordera neurosensorial severa o profunda (Manfredi et al., 2012). La generalización del implante coclear ha permitido que muchos niños accedan funcionalmente a la señal del habla, sin embargo, las evidencias muestran que el procesamiento musical y muy especialmente la discriminación de timbre, la afinación y determinados aspectos de las emociones producidas por la música permanecen comprometidos en comparación con niños y niñas oyentes (Verdugo Alonso, 1995).

En el plano evolutivo, la sordera afecta de forma significativa al desarrollo comunicativo-lingüístico. Se han documentado retrasos en la aparición del balbuceo y de las primeras palabras, limitaciones léxicas y morfosintácticas, mayor frecuencia de dislalias audiógenas y alteraciones en los componentes prosódicos (entonación, ritmo, pausas) (Goodwin & Lillo-Martin, 2019; Verdugo Alonso, 1995). Estas características tienen una traducción directa en el ámbito musical, debido a que la articulación vocal, el control del tono y el uso expresivo de la dinámica suelen verse alterados, lo que condiciona tanto la percepción como la producción musical.

Llegados a este punto sería pertinente realizar una retrospectiva histórico-educativa de la música para el alumnado sordo que, si bien tiene una larga historia, durante mucho tiempo se ha entendido fundamentalmente como recurso rehabilitador y no como un derecho cultural autónomo. Desde mediados del siglo XIX existen registros de estudiantes sordos que aprenden piano y participan en bandas escolares, como el caso de Augusta en el Asilo Americano para la Educación de Sordos y Mudos descrito por Darrow y Heller (1985). A finales del siglo XIX y principios del XX, varias instituciones para sordos en Estados Unidos desarrollaron programas musicales innovadores, como bandas de viento y percusión, así como clases de piano centradas en el entrenamiento rítmico, con resultados que sorprendieron a observadores oyentes (Maler, 2022).

Estas iniciativas surgieron como extensiones naturales de las actividades rítmicas y las tradiciones militares presentes en las escuelas para sordos, donde los estudiantes aprendían a tocar instrumentos como tambores e instrumentos de viento metal. Instituciones clave, como la *New York Institution for the Deaf*, formaron en 1913 una banda de 40 a 50 miembros que participó en conciertos junto a músicos oyentes en Nueva York, destacando por su precisión y dejando atónitos a los espectadores, según reportes en *The Literary Digest* de 1914. De manera similar, la *Illinois School for the Deaf* mantuvo entre 1923 y 1942 una banda de metales para alumnado residente, financiada por el estado y reconocida por su excelencia musical. Otras escuelas, incluyendo la *New Jersey School for the Deaf* (*Marie H. Katzenbach School for the Deaf*), la *Tennessee Deaf School* y la *Minnesota State Academy for the Deaf*, también incorporaron estas prácticas (Sheldon, 1997). Sin embargo, en el contexto dominado por el oralismo, la música fue a menudo instrumentalizada como entrenamiento fonatorio y auditivo, pues se priorizaban ejercicios rítmicos y vocales destinados a mejorar la articulación y la discriminación del habla, relegando aspectos como la creatividad, la expresividad corporal o la exploración tímbrica (Padden, 1998). La música se concebía más como medio para normalizar la voz que como fin artístico en sí mismo.

Desde mediados del siglo XX, los *Deaf Studies* han propuesto una lectura sociocultural de la sordera que desplaza el énfasis del déficit sensorial hacia la pertenencia a una comunidad lingüística y cultural específica (Lane, 1992; Padden & Humphries, 1988). En el ámbito educativo, se ha concretado en la defensa de modelos bilingües-biculturales, que reconocen la Lengua de Signos como primera lengua y la lengua oral/escrita mayoritaria como segunda lengua, y conciben la escuela como espacio de transmisión de la cultura Sorda, más allá de la mera rehabilitación auditivo-oral (Goodwin & Lillo-Martin, 2019). Esta relectura es central para la educación musical ya que implica pasar de entender la música como herramienta para entrenar el aparato fonador o la

discriminación del habla, a concebirla como práctica cultural y derecho estético. Si bien es cierto que los programas de formación musical en niños y niñas con implantes cocleares son intervenciones eficaces para la rehabilitación auditiva (Martins-Said et al. 2026), con la irrupción de enfoques como el bilingüismo, algunos centros comenzaron a concebir la música como una experiencia multisensorial accesible a través de canales visuales, táctiles y cinestésicos, así como el uso de la Lengua de Signos para interpretar canciones, marcadores visuales del pulso y las entradas, exploración de la vibración mediante instrumentos de percusión o la integración de danza y movimiento, entre otros. Esta nueva concepción supone un cambio importante al reconocer que la musicalidad no depende exclusivamente de la audición aérea, sino que puede construirse a partir de la percepción del ritmo, la vibración, el gesto y la organización temporal (Baker & Padden, 1978; Puckett, 2026). En este sentido, Sutela y Ahonen (2025) recuerdan que las personas sordas pueden percibir el sonido con su cuerpo y no solo a través de un único sentido ya que el sonido se puede experimentar de forma holística a través de diferentes canales: el cuerpo, el tacto, la vista y, para algunos, a través de la audición o la percepción de las frecuencias graves.

Actualmente, investigaciones como la de Doherty et al. (2026) resaltan la importancia de la formación musical en el alumnado con discapacidad auditiva. Este estudio confirma que, después de una intervención de nueve meses, los alumnos con pérdida auditiva desarrollaron casi las mismas habilidades instrumentales que los alumnos con audición normal. Además, el instrumento utilizado fue la flauta, superando así la concepción tradicional que los limita al uso de instrumentos de altura fija como el piano o la percusión. Por último, debe recordarse el consenso científico sobre los implantes cocleares y su capacidad para favorecer el acceso al habla de muchos niños y niñas con sordera prelocutiva (Ruffin et al., 2013), sin embargo, la percepción musical continúa siendo un área de vulnerabilidad específica. Diversas revisiones y estudios experimentales (Hsiao & Gfeller, 2012; Innes-Brown et al., 2013; Roy et al., 2014; Ruffin et al., 2013) muestran un perfil caracterizado por un buen rendimiento relativo en tareas rítmicas y un rendimiento significativamente más bajo en tareas basadas en altura, timbre y melodía, en comparación con iguales oyentes. Esta asimetría tiene una traducción directa en la educación musical inclusiva lo que obliga a diseñar experiencias en las que los parámetros menos accesibles se apoyan en canales táctiles, visuales y cinestésicos, aprovechando al mismo tiempo la fortaleza relativa del ritmo (Moore, 2022).

Teniendo en cuenta las ideas previamente expuestas, el objetivo de este trabajo es realizar una revisión de estudios relacionados sobre la percepción de parámetros y elementos musicales (altura/melodía, duración/ritmo, timbre e intensidad/dinámica) en niños y niñas con sordera neurosensorial e implante coclear, para identificar patrones perceptuales, evaluar su impacto en la educación musical y proponer directrices para la intervención pedagógica multimodal inclusiva que integren perspectivas audiológicas, lingüístico-evolutivas y socioculturales de los *Deaf Studies*.

2. MÉTODO

Se trata de un estudio cualitativo basado en una revisión narrativa del estado del arte. La búsqueda bibliográfica se realizó entre febrero y abril de 2024 en las bases de datos *Web of Science*, *Scopus*, *Dialnet* y *Google Scholar* y no se restringió a un período concreto, por lo que se incluyeron documentos publicados recientemente y otros más antiguos que son autores de referencia en este ámbito. En la Tabla 1 se describen los criterios de búsqueda que utilizan como términos principales las combinaciones “music education” AND “deafness”, “cochlear implant” AND “music” y “hearing loss” AND “music perception”.

Tabla 1

Criterios de búsqueda utilizados en las bases de datos y resultados obtenidos

Base de datos	Ecuaciones de búsqueda	Resultados
SCOPUS	(TITLE-ABS-KEY ("music education") AND TITLE-ABS-KEY (deafness)) OR (TITLE-ABS-KEY ("music") AND TITLE-ABS-KEY ("cochlear implant")) OR (TITLE-ABS-KEY ("hearing loss") AND TITLE-ABS-KEY ("music perception")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE , "ar")) AND PUBYEAR > 1981 AND PUBYEAR < 2025	655
WOS	(TS= ("music education") AND TS= (deafness)) OR (TS= ("music") AND TS= ("cochlear implant")) OR (TS= ("hearing loss") AND TS= ("music perception")) AND DT=(Article) AND DOP=(1900-01-01/2024-04-30)	544
Dialnet	Se realizaron tres búsquedas: “Educación musical y sordos”, “Implante coclear y música”, y “pérdida auditiva y percepción musical”.	25
Google Scholar	("music education" AND "deafness") OR ("music" AND "cochlear implant") OR ("hearing loss" AND "music perception")	978
Total		2202

2.1. Muestra

La búsqueda inicial arrojó 2202 referencias y debido al carácter descriptivo de la investigación, la selección se basó en los criterios de inclusión que posibilitaron una visión global en su conjunto. Se incluyeron documentos que cumplieran los siguientes criterios:

- Abordaban de forma explícita la percepción de parámetros sonoros o elementos musicales (altura/melodía, duración/ritmo, timbre e intensidad/dinámica).
- Se centraban en población con discapacidad auditiva, con o sin implante coclear, en contextos educativos o de entrenamiento musical.

c) Estaban disponibles en inglés o español en texto completo.

Se excluyeron trabajos que:

a) Trataban únicamente aspectos técnicos del implante coclear sin referencia a la percepción musical.

b) Se centraban en población adulta sin implicaciones educativas.

c) Eran reseñas breves, notas técnicas o documentos sin revisión por pares.

Tras eliminar duplicados ($n = 591$) y documentos sin acceso abierto ($n = 620$) los resultados se redujeron a 1211 trabajos. Posteriormente, se revisaron títulos y resúmenes y se seleccionaron 75 documentos para lectura a texto completo. Finalmente, 26 estudios cumplieron los criterios y se incluyeron en la síntesis narrativa.

2.2. Procedimiento de análisis

En el proceso de elaboración del estudio se pueden identificar varias fases. En primer momento, se definieron los términos de búsqueda y se procedió a la exploración de diversas bases de datos, sin aplicar filtros cronológicos para garantizar una perspectiva histórica y evolutiva de la temática. Posteriormente, se realizó la lectura de títulos y resúmenes, seleccionando aquellos trabajos que vinculaban directamente la educación musical con la discapacidad auditiva. En tercer lugar, se llevó a cabo un análisis de contenido de los textos seleccionados, extrayendo las aportaciones específicas de autores clave sobre la percepción de la intensidad, altura, timbre y duración. En esta fase se identificaron unidades de significado relacionadas con la percepción de cada parámetro sonoro, las condiciones audiológicas y las propuestas educativas. A partir de estas unidades se construyó un sistema de categorías inicial con cuatro bloques principales (altura, duración/ritmo, timbre e intensidad). Posteriormente, se realizó una segunda lectura verificando la coherencia de la asignación de cada estudio a las categorías y ajustando las definiciones cuando fue necesario, hasta obtener un marco estable que sirvió de base para la organización de los resultados. Finalmente, se realizó una síntesis narrativa de la información, destacando las aportaciones clave de los diferentes autores.

2.3. Análisis de información

La información obtenida se organizó mediante un análisis de contenido temático puesto que se clasificaron los documentos en cuatro grandes grupos correspondientes a los parámetros sonoros (altura, duración, timbre e intensidad) estructurando los hallazgos en un marco teórico coherente que conecta la base científica de la percepción de los parámetros sonoros con la práctica pedagógica musical.

3. RESULTADOS

3.1. Altura¹

Desde el punto de vista psicoacústico, la altura es el parámetro más comprometido en usuarios de implante coclear (IC). La codificación eléctrica ofrece una resolución frecuencial limitada y una relación distorsionada entre la posición de los electrodos y la frecuencia percibida, lo que se traduce en umbrales de discriminación de tono muy superiores a los de la población oyente.

Looi (2008) comprueba que muchos niños y niñas implantados solo distinguen cambios de 3 a 8 semitonos, mientras que una minoría logra discriminar intervalos de un semitono en partes restringidas de su rango audible. En este contexto, el test *Music in Children with Cochlear Implants* (MCCI) permitió describir de manera integrada estas dificultades, confirmando puntuaciones inferiores en altura y melodía respecto a controles oyentes. Igualmente, en una muestra de 10 participantes con IC comparados con 10 oyentes, Roy et al. (2014) observaron que, aunque todos los niños y niñas con IC superaban significativamente el nivel de acierto esperado en secciones de altura, melodía y armonía, sus puntuaciones eran sistemáticamente inferiores a las del grupo control, con diferencias especialmente marcadas en timbre, y en menor grado, en la altura de la nota. Resultados similares se han hallado en baterías que combinan subpruebas de tono y melodía, como las *Intermediate Measures of Music Audiation* (IMMA), adaptadas a alumnado con IC y audífonos (Innes-Brown et al., 2013). A pesar de estas limitaciones, diversos estudios muestran que la educación musical sistemática puede mejorar la discriminación de altura. Chen et al. (2010) y Xu et al. (2009) encontraron una correlación positiva entre la duración de la formación musical y la exactitud en tareas de percepción de la altura de las notas en alumnado con sordera prelocutiva e IC, de modo que cuanto mayor era número de años de formación, mejor era la percepción de las relaciones de altura. De forma convergente, Yucel et al. (2009) demostraron que un programa familiar de entrenamiento musical de dos años producía mejoras significativas tanto en percepción de altura y ritmo como en ciertas medidas de percepción del habla.

Desde el punto de vista pedagógico, estos hallazgos sugieren que la enseñanza de la altura y la melodía debe adaptarse a las limitaciones perceptuales del alumnado con IC mediante estrategias multimodales y progresivas. Las aportaciones de Kosaner et al. (2012) destacan el uso de intervalos amplios y patrones melódicos simples al inicio para reducir la complejidad tonal, combinados con teclados de teclas coloreadas, notación gráfica simplificada y asociaciones color-nota que refuercen visualmente las diferencias de altura. Complementariamente, Gfeller (2008) propone por un lado favorecer instrumentos con referentes visuales estables como piano, metalófonos o xilófonos, que facilitan la correspondencia espacial- tonal, y por otro, integrar de entrenamiento melódico temprano en contextos lúdicos y significativos para potenciar el reconocimiento global de melodías incluso con discriminación fina limitada.

¹ En este apartado destinado a la altura también se incluyen estudios que hacen referencia a la melodía, debido a que ambos conceptos aparecen en muchas ocasiones analizados de forma conjunta.

En el ámbito háptico musical destaca el prototipo desarrollado por la *Universidad de Málaga* con dos “actuadores” en muñecas que emplean ilusiones táctiles, como el “movimiento fantasma” generado por vibraciones alternas que simulan el flujo direccional, para codificar música en tiempo real: graves en la caja torácica, agudos en hombros y percusión en extremidades, creando experiencias melódicas 3D inmersivas (Remache-Vinueza et al., 2022). Otros dispositivos incluyen chalecos o mochilas como Subpac® y Music: Not Impossible® (con 24 puntos vibratorios inalámbricos), o camisetas hápticas que traducen canales sonoros a patrones vibratorios diferenciados, probados en conciertos donde usuarios sordos sincronizan hápticamente con la música (KPBS, 2023).

Los avances en discriminación de altura y melodía incluyen tests adaptados como MCCI/IMMA con modificaciones accesibles, tal como se analizan en la revisión sistemática de Gfeller (2016) donde la retroalimentación inmediata permite ajustar de forma personalizada la progresión de la complejidad tonal. Esta autora destaca que estas pruebas incorporan modificaciones accesibles basadas en la retroalimentación inmediata, lo cual permite ajustar de forma personalizada la progresión de la complejidad tonal. Este *feedback* se puede administrar por vía visual, mediante gráficos animados con barras crecientes que indican los aciertos; o por vía táctil, a través de vibraciones diferenciadas que emiten patrones afirmativos para respuestas correctas y patrones específicos para las correcciones en intervalos melódicos.

Por otra parte, el aspecto multisensorial se potencia asociando colores LED en los teclados MIDI para representar la altura (colores cálidos para graves y fríos para agudos), coordinando estos indicadores con gestos manuales amplios que pueden involucrar todo el cuerpo para estimular la kinestesia y memoria procedimental (ej.: saltos verticales sincronizados con *glissandos* ascendentes refuerzan la correspondencia espacial-frecuencial), tal como han validado Hopkins et al. (2023) en programas de entrenamiento musical para alumnado sordo. En esta misma línea, See et al. (2013) proponen la inclusión de movimientos ascendentes/descendentes corporales sincronizados con notas graves/agudas en paralelo con la Lengua de Signos, enfatizando así la integración kinestésico-visual.

Igualmente, pueden emplearse apps vibrotáctiles especializadas, como plataformas que codifican frecuencias en patrones hápticos diferenciados y permiten la gamificación mediante registro de aciertos, combinadas con teclados MIDI equipados con LEDs programables que iluminan teclas específicas en secuencias melódicas simples (ej. Do-Sol-Do). Este tipo de enfoques multimodales ha mostrado su viabilidad en evaluaciones preliminares con niños y niñas de 5-8 años (Yucel et al., 2009), si bien la evidencia disponible procede de estudios con muestras reducidas y debe considerarse aún exploratoria.

Por último, teniendo en cuenta la importancia de la contextualización cultural y el fomento del *deaf-gain*, no se debe olvidar la incorporación de canciones tradicionales en Lengua de Signos, como podría ser una nana adaptada con marcadores visuales de pulso mediante luces LED rítmicas y proyecciones de intérpretes sordos y, de esta forma, promover entornos bilingües donde la expresividad gestual sorda guía la interpretación melódica, convirtiéndola en el recurso principal (Seeberg et al., 2023).

3.2. Duración²

La codificación temporal de los dispositivos auditivos permite representar con relativa fidelidad patrones de duración y acentos, de modo que numerosos estudios informan de rendimientos cercanos a los de oyentes en tareas de discriminación de patrones rítmicos simples, identificación de metros binarios/ternarios y reconocimiento de melodías basadas en su “ritmo melódico” (Innes-Brown et al., 2013; Roy et al., 2014). Otros estudios refuerzan la importancia de la intervención educativa, como la investigación llevada a cabo por Fotiadou et al. (2006) con población sorda sin implante, que demostró que un programa de gimnasia rítmica de 16 semanas (tres sesiones semanales) mejoraba de manera significativa la precisión temporal en la reproducción de patrones rítmicos del alumnado sordo, en comparación con un grupo control que seguía la programación habitual del centro. Igualmente, en el estudio de Innes-Brown et al. (2013) el alumnado con IC y audífonos alcanzó percentiles próximos a la media normativa en las subpruebas rítmicas de la batería IMMA tras participar durante un curso escolar en un “Music Club” semanal centrado en juegos de percusión, canto y movimiento. De forma complementaria, Roy et al. (2014) encontraron que los subtests que incorporan elementos rítmicos del MCCI mostraban menos diferencias entre alumnado con IC y oyentes. Asimismo, Roy et al. (2014), consideran que el ritmo, de forma consistente, es el elemento musical mejor preservado en niños y niñas con discapacidad auditiva e IC.

Más recientemente, estudios con plataformas vibrotáctiles han mostrado que tanto personas oyentes como sordas son capaces de sincronizar de forma precisa sus movimientos de baile con un pulso musical presentado exclusivamente a través de vibración, sin sonido audible, lo que subraya el potencial del canal táctil para la percepción rítmica (Tranchant et al., 2017). Ciertamente, los recursos multimodales específicos para trabajar el ritmo con alumnado con IC, como chalecos hápticos, mesas resonantes, *apps* vibrotáctiles y luces LED sincronizadas, se han propuesto como recursos especialmente prometedores para la educación de este parámetro, debido a que potencian la percepción temporal preservada por estos dispositivos, combinando estímulos auditivos, táctiles y visuales en experiencias inmersivas y motivadoras. Estos materiales no solo facilitan la discriminación de patrones rítmicos, duraciones y acentos, sino que también fomentan la inclusión en entornos educativos, permitiendo que el alumnado sienta las vibraciones directamente en el cuerpo mientras el IC codifica el pulso sonoro con fidelidad relativa (Nimmons et al., 2008).

En el ámbito escolar, los instrumentos de percusión destacan como la herramienta más accesible y directa para este fin, ya que generan vibraciones intensas y palpables que se transmiten a través del tacto, complementando la entrada auditiva del IC sin requerir habilidades motrices finas avanzadas (Moallem et al., 2010). Se recomienda la selección de superficies amplias y resonantes para la óptima transmisión háptica, materiales de bajo umbral vibratorio (madera maciza, piel tensa) compatibles con pulsaciones en entornos ruidosos. Asimismo, se recomienda la utilización de diseños ergonómicos adaptables que

² También se incluyen en este apartado de duración estudios realizados sobre ritmo, pues ambos términos aparecen con frecuencia analizados de forma conjunta.

faciliten la intervención motriz del alumnado, como pueden ser agarres con velcro o similares.

Como complemento a los instrumentos de percusión, los dispositivos vibrotáctiles electrónicos ofrecen la posibilidad de personalizar el estímulo de manera digital. Estas herramientas se adaptan a las necesidades individuales de los usuarios de implante coclear mediante algoritmos que modulan la vibración según la velocidad (BPM) y las estructuras de los patrones rítmicos. Estos dispositivos representan una innovación tecnológica de alto potencial, transformando el pulso musical en estímulos hápticos puros o combinados, ideales para alumnado con IC que percibe mejor el ritmo que tonos complejos. La mayor desventaja de estos recursos es su elevado precio, si bien los préstamos escolares o *apps* emuladoras gratuitas, como simuladores hápticos en tablets, los hacen viables.

Por último, deben mencionarse las *apps* de entrenamiento auditivo con módulos rítmicos que ofrecen flexibilidad digital y personalización para usuarios con IC mediante Inteligencia Artificial, adaptando dificultad, niveles y retroalimentación en tiempo real para optimizar el progreso individual. Entre ellas se puede destacar *ReDi* de MED-EL, que usa Inteligencia Artificial para ejercicios auditivos y de habla en más de 155 idiomas, que incluye monitoreo remoto para profesionales y la práctica autónoma en casa o en la escuela para mejorar el reconocimiento del habla. Otras aplicaciones como *Meludia* proporcionan un entrenamiento musical gamificado enfocado al ritmo, con una curva de aprendizaje suave para niños y adultos sordos, integrable con *apps* de implantes como *myMED-EL*. Finalizamos este listado haciendo referencia a los juegos interactivos como *Cocleando* y *Hearoes* que añaden diversas actividades para distinguir sonidos ambientales, vocales y ritmos, fomentando la sincronización rítmica y una mayor autonomía en las actividades cotidianas mediante retroalimentación inmediata. Estas aplicaciones ofrecen posibilidades interesantes de personalización y seguimiento, pero la literatura científica disponible se centra principalmente en estudios de desarrollo y viabilidad, por lo que sus efectos específicos sobre la percepción musical en alumnado con implante coclear deben interpretarse con cautela.

3.3. Timbre

El timbre constituye uno de los desafíos más relevantes para usuarios de IC, puesto que muestran dificultades en la precisión de reconocimiento de instrumentos aislados, especialmente al confundir aquellos de la misma familia, timbres agudos o de espectro complejo (Gfeller et al., 1998; Hsiao & Gfeller, 2012). En población infantil, Innes-Brown et al. (2013) hallaron que los niños y niñas con IC y audífonos obtenían resultados más bajos que sus iguales oyentes en tareas de identificación de timbre instrumental, aunque su rendimiento mejoraba tras un año de participación en actividades musicales estructuradas. Asimismo, estudios de entrenamiento específico con simulaciones de IC indicaban que la práctica sistemática podría mejorar notablemente la discriminación y el reconocimiento tímbrico (Tranchant et al., 2017).

Para solventar las limitaciones relacionadas con la codificación espectral deficiente en los IC, Yucel et al. (2009) abogan por la integración multisensorial mediante propuestas que incorporen elementos visuales, táctiles y kinestésicos para maximizar la

retención y motivación, especialmente en edades tempranas, con sesiones cortas y frecuentes que respeten la capacidad atencional limitada post-implante. Un ejemplo de ello es la sincronización de grabaciones de percusión con juguetes vibratorios (como peluches con motores hápticos conectados a un altavoz Bluetooth), donde el alumnado puede sentir el "ataque" pulsado del xilófono en la mano mientras escucha, creando una memoria multimodal: "el xilófono vibra rápido y corto". También se pueden incluir gestos imitativos o movimientos corporales específicos por familia instrumental que se realizan mientras escucha, reforzando la kinestesia con el perfil temporal (ataque marcado = gesto explosivo). Posteriormente, en fases avanzadas, se pueden integrar *apps* y videojuegos adaptados, como prototipos con mandos *DualSense* de *PlayStation* que transmiten vibraciones variables por frecuencia/timbre o *apps* caseras en *tablet* con retroalimentación háptica, por ejemplo, un juego donde "tocar" un icono de instrumento genera un audio más una vibración simulada.

Por otro lado, con respecto a tímbrica instrumental, se recomienda una progresión estructurada por familias instrumentales que parte de la premisa de que los instrumentos de percusión con ataques definidos (piano, percusión de láminas o algunos idiófonos) tienden a ser los mejor reconocidos, probablemente porque su envolvente temporal proporciona claves más robustas para usuarios de IC, cuya codificación espectral es limitada. Asimismo, se recomienda que se utilicen grabaciones aisladas de 5-10 segundos de un solo instrumento, reproducidas a través de los implantes en un entorno silencioso y acompañadas de una conexión auditivo-visual, es decir, el alumnado escucha el fragmento y debe seleccionar la imagen o foto correspondiente entre 3-4 opciones. Progresivamente, en niveles avanzados se introducirán ejemplos de familias e instrumentos que puedan dar lugar a confundirse, como los instrumentos de viento madera vs. los instrumentos de viento metal (clarinete vs. trompeta, u oboe vs. trombón) y se avanza a subfamilias más específicas, como cuerdas pulsadas frente a cuerdas frotadas (*pizzicato* vs. *arco*). Además, es recomendado que cada error se resuelva con una repetición inmediata y una ayuda visual reforzada, como videos en cámara lenta del ataque del instrumento (*arco* rozando cuerdas o lengüeta vibrando), para asociar el "perfil sonoro" percibido con su producción física. Asimismo, es importante el apoyo de pistas multimodales de carácter auditivo, háptico y visual con el fin de mitigar la ambigüedad espectral inherente a los implantes cocleares. De este modo, el xilófono se presentaría como un miembro de la familia de percusión con ataque "martilleante" y disposición en teclas, facilitando su diferenciación respecto de otros timbres.

3.4. Intensidad³

En relación con la intensidad/dinámica, a pesar del rango dinámico eléctrico reducido de los implantes cocleares, los estudios apuntan al potencial de los procesadores actuales que permiten representar variaciones de intensidad suficientes para transmitir contrastes básicos de *forte-piano* y ciertos perfiles de tensión musical (Fulford et al., 2011 y Gu & Griffin, 2011). En particular, Russo et al. (2012) evidencian que los oyentes con

³ Se incluyen también en este apartado de intensidad estudios realizados que hacen referencia a la dinámica, pues ambos términos aparecen con frecuencia analizados de forma conjunta.

IC se apoyan de forma preferente en aspectos como la intensidad y el ritmo, más que en claves tonales, para juzgar la expresividad y la direccionalidad emocional de fragmentos musicales. Tales hallazgos sitúan la dinámica como un parámetro pedagógicamente relevante para este alumnado (Spangmose et al., 2019). Igualmente, Chasin y Hockley (2014) ponen de manifiesto que tanto personas sordas como oyentes pueden sincronizar con gran precisión sus movimientos corporales a un pulso que se presenta exclusivamente a través de vibraciones moduladas en amplitud, lo que abrió la posibilidad de trabajar la intensidad y las dinámicas mediante variaciones controladas en la “fuerza” de la vibración y en la amplitud del movimiento corporal (Hopkins et al., 2016; Tranchant et al., 2017).

En esta misma línea, el proyecto *Musical Vibrations* de la Universidad de Liverpool ha desarrollado bancos vibrantes, chalecos hápticos y superficies resonantes que permiten a población infantil y adulta sorda experimentar matices de intensidad en contextos educativos, demostrando la viabilidad técnica y didáctica de la traducción vibrotáctil de la dinámica (Hopkins et al., 2023). La modalidad vibrotáctil amplía el espectro sensorial incorporando la percepción háptica como vía complementaria de acceso a la dinámica musical. A través de vibraciones de amplitud modulada, el alumnado experimenta contrastes de energía en la propia vivencia corporal individual. En este caso, es importante mantener un pulso isócrono estable de modo que la atención pueda centrarse en la variación de intensidad y utilizar la respuesta vibrotáctil como puente evaluativo previo a la discriminación acústica fina.

Por último, se debe hacer referencia a la modalidad visual, que introduce un sistema de codificación que estabiliza y objetiva los niveles de intensidad sonora mediante recursos icónicos, cromáticos y gráficos, para favorecer la anticipación de los cambios dinámicos y establecer correlaciones espaciales entre movimiento corporal, amplitud e intensidad percibida.

4. CONCLUSIÓN

El análisis del estado del arte sobre la experiencia musical de niños y niñas con sordera muestra que la audiología, el desarrollo comunicativo-lingüístico y la dimensión sociocultural de la sordera conforman un entramado inseparable para comprender sus posibilidades de participación estética. El objetivo de este trabajo era revisar los estudios sobre percepción de los parámetros y elementos musicales (altura/melodía, duración/ritmo, timbre e intensidad/dinámica) en alumnado con sordera neurosensorial e implante coclear e identificar sus implicaciones para la educación musical. Los resultados convergen en un patrón perceptivo caracterizado por un mejor rendimiento relativo en tareas rítmicas y de duración y por mayores dificultades en la discriminación de altura, timbre y ciertos matices dinámicos. Esta asimetría obliga a superar lecturas simplistas que equiparan mejor audición con plena accesibilidad musical.

La convergencia entre estudios es robusta, pero descansa en diseños y muestras heterogéneos. Trabajos como los de Innes-Brown et al. (2013) y Roy et al. (2014) utilizan baterías estandarizadas (IMMA, MCCI) con alumnado implantado en contextos escolares, mientras que otros se centran en intervenciones específicas: el programa de

gimnasia rítmica de Fotiadou et al. (2006) o el entrenamiento musical familiar de dos años analizado por Yucel et al. (2009). Esta heterogeneidad sugiere que la preservación relativa del ritmo es un claro patrón, aunque la magnitud exacta de las diferencias entre parámetros puede variar según la tarea, la edad y la experiencia musical previa del alumnado.

En relación con los recursos tecnológicos, las propuestas que integran chalecos hápticos, superficies vibrantes, luces LED o apps gamificadas muestran un alto potencial para reforzar la percepción del ritmo, la dinámica y, en menor medida, de la altura. Sin embargo, muchos de estos trabajos se basan en estudios piloto con muestras reducidas o diseños de caso, por lo que todavía no permiten extraer conclusiones generalizables sobre su eficacia. Resulta necesario, por tanto, interpretar estas experiencias como líneas prometedoras de innovación didáctica más que como intervenciones con eficacia demostrada para todo el alumnado con discapacidad auditiva e implante coclear.

Las aportaciones de los *Deaf Studies* cuestionan la visión exclusivamente biomédica de la sordera y la reinterpretan como diversidad lingüística-cultural y como fuente de *deaf-gain*. Desde esta perspectiva, la educación musical debe entenderse como derecho cultural y espacio de construcción identitaria, donde la Lengua de Signos, las prácticas corporales y las formas de atención visual y táctil propias de la Comunidad Sorda se convierten en recursos (no en déficits) para la experiencia musical. Estos principios sustentan directamente las propuestas pedagógicas multimodales del trabajo: (1) los hallazgos sobre la fortaleza relativa del ritmo apoyan la priorización de actividades corporales y rítmicas; (2) las evidencias sobre la vulnerabilidad de la altura y el timbre justifican el uso de apoyos visuales, hápticos e instrumentos con referentes espaciales claros; (3) la exposición musical temprana favorece mejoras perceptivas que deben aprovecharse desde edades escolares iniciales.

Algunas implicaciones prácticas para los docentes de Educación Musical derivadas de este estudio y de otros anteriores que siguen la misma línea pueden ser:

- Evaluar las condiciones, los recursos y las estrategias que utilizan para garantizar la inclusión del alumnado con sordera en las aulas de música. Para ello cuentan con diversos instrumentos elaborados previamente (Lafuente Carrasco y Jurado de los Santos, 2018).
- Tener en cuenta recomendaciones actuales en este ámbito como son: énfasis en métodos visuales para la enseñanza de la música; centrarse en las experiencias táctiles y cinestésicas; y valorar las experiencias culturales y personales (Sutela & Ahonen, 2025).

Por otra parte, este trabajo presenta también algunas limitaciones metodológicas, en primer lugar, porque se trata de una revisión documental de carácter descriptivo y no de una revisión sistemática, por lo que es posible que algunos estudios relevantes no se hayan localizado o no cumplieran los criterios establecidos. En segundo lugar, los trabajos incluidos son heterogéneos en cuanto a diseños, instrumentos de evaluación, edades y características audiológicas de la muestra, lo que dificulta la comparación directa de resultados y la generalización a todo el alumnado con discapacidad auditiva e implante coclear. En tercer y último lugar, la síntesis realizada es fundamentalmente narrativa y no incorpora metaanálisis cuantitativos, de modo que las conclusiones deben entenderse

como tendencias y orientaciones para la práctica educativa, más que como estimaciones cerradas del impacto de cada intervención.

En cuanto a investigaciones futuras, resulta prioritario disponer de estudios longitudinales que permitan analizar la evolución de la percepción musical y del impacto de las experiencias educativas multimodales a lo largo del tiempo. Igualmente, son necesarios diseños de intervención controlados, desarrollados en contextos escolares reales, que evalúen de forma sistemática el efecto de programas musicales específicos sobre la percepción de la altura, el ritmo, el timbre y la intensidad en alumnado con discapacidad auditiva e implante coclear. Finalmente, se considera fundamental avanzar hacia modelos de investigación colaborativa que incorporen la participación activa de alumnado sordo, sus familias y profesionales sordos (docentes, artistas y mediadores culturales) en la definición de objetivos, en el diseño de las actividades y en la evaluación de los resultados, de modo que las propuestas de educación musical inclusiva respondan a sus prioridades y experiencias. Igualmente, no debe relegarse al olvido que cualquier propuesta de educación musical inclusiva debe inscribirse en marcos bilingües-biculturales que reconozcan a la Comunidad Sorda con derechos propios.

REFERENCIAS

- Baker, C., & Padden, C. (1978). Focusing on the nonmanual components of American Sign Language. En P. Siple (Ed.), *Understanding language through sign language research* (pp. 23-58). Academic Press.
- Chasin, M., & Hockley, N. (2014). Some characteristics of amplified music through hearing aids. *Hearing Research*, 308, 2–12. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.07.003>
- Chen, J. K., Chuang, A. Y., McMahon, C. M., Hsieh, J. C., Tung, T. H., & Li, L. P. (2010). Music training improves pitch perception in prelingually deafened children with a cochlear implant. *Pediatrics*, 125(4), e793–e800. <https://doi.org/10.1542/peds.2008-3620>
- Darrow, A. A., & Heller, G. N. (1985). Early Advocates of Music Education for the Hearing Impaired: William Wolcott Turner and David Ely Bartlett. *Journal of Research in Music Education*, 33(4), 269-279. <https://doi.org/10.2307/3345253>
- Da Silva, N. M., Alves, J. F., de Castro, A. B. C., & de Santana Varela, J. H. (2020). Music education for the deaf: Characteristics, barriers and successful practices. *Educacao e Pesquisa*, 46, 1–17. <https://doi.org/10.1590/S1678-4634202046221995>
- Doherty, E. C., Barrett, M. S., & Wilson, W. J. (2026). How do children with hearing loss progress in group flute lessons compared to their normally hearing peers? A preliminary study. *Psychology of Music*, 54(3), 396-410. <https://doi.org/10.1177/03057356251325450>
- Fotiadou, E. G., Tsimaras, V. K., Giagazoglou, P. F., Sidiropoulou, M. P., Karamouzi, A. M., & Angelopoulou, N. A. (2006). Effect of rhythmic gymnastics on the rhythm

- perception of children with deafness. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 20(2), 298–303. <https://doi.org/10.1519/R-16824.1>
- Fulford, R., Ginsborg, J., & Goldbart, J. (2011). Learning not to listen: The experiences of musicians with hearing impairments. *Music Education Research*, 13(4), 447–464. <https://doi.org/10.1080/14613808.2011.632086>
- Gfeller, K. (2016). Music-based training for pediatric CI recipients: A systematic analysis of published studies. *European Annals of Otorhinolaryngology, Head and Neck Diseases*, 133 Suppl 1(Suppl 1), S50–S56. <https://doi.org/10.1016/j.anorl.2016.01.010>
- Goodwin, C., & Lillo-Martin, D. (2019). Morphological accuracy in the speech of bimodal bilingual children with cochlear implants. *Journal of Deaf Studies and Deaf Education*, 24(4), 435–447. <https://doi.org/10.1093/deafed/enz019>
- Gu, C., & Griffin, M. J. (2011). Vibrotactile thresholds at the sole of the foot: Effect of vibration and contact location. *Somatosensory & Motor Research*, 28(3-4), 86–93. <https://doi.org/10.3109/08990220.2011.622493>
- Hopkins, C., Maté-Cid, S., Fulford, R., Seiffert, G., & Ginsborg, J. (2016). Vibrotactile Presentation of Musical Notes to the Glabrous Skin for Adults with Normal Hearing or a Hearing Impairment: Thresholds, Dynamic Range and High-Frequency Perception. *PLOS One*, 11(5), e0155807. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155807>
- Hopkins, C., Maté-Cid, S., Fulford, R., Seiffert, G., & Ginsborg, J. (2023). Perception and learning of relative pitch by musicians using the vibrotactile mode. *Musicae Scientiae*, 27(1), 3–26. <https://doi.org/10.1177/10298649211015278>
- Hsiao, F., & Gfeller, K. (2012). Music perception of cochlear implant recipients with implications for music instruction: A review of literature. *Update: Applications of Research in Music Education*, 30(2), 5–10. <https://doi.org/10.1177/8755123312437050>
- Innes-Brown, H., Marozeau, J. P., Storey, C. M., & Blamey, P. J. (2013). Tone, rhythm, and timbre perception in school-age children using cochlear implants and hearing aids. *Journal of the American Academy of Audiology*, 24(9), 789–806. <https://doi.org/10.3766/jaaa.24.9.4>
- Koşaner, J., Kılınç, A., & Deniz, M. (2012). Developing a music programme for preschool children with cochlear implants. *Cochlear Implants International*, 13(4), 237–247. <https://doi.org/10.1179/1754762811Y.0000000023>
- KPBS. (2023, julio 17). *Vibrating haptic suits give deaf people a new way to feel live music*. <https://www.kpbs.org/news/news/health/2023/07/17/vibrating-haptic-suits-give-deaf-people-a-new-way-to-feel-live-music>
- Lafuente Carrasco, Á., & Jurado de los Santos, P. (2018). Instruments for the valuation of needs in the music classroom with students with deaf. *Siglo Cero*, 49(3), 27–38. <https://doi.org/10.14201/scero20184932738>
- Lane, H. (1992). *The mask of benevolence: Disabling the deaf community*. Knopf.
- Limb, C. J., & Roy, A. T. (2014). Technological, biological, and acoustical constraints to music perception in cochlear implant users. *Hearing Research*, 308, 13–26. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2013.04.009>

- Looi, V. (2008). The effect of cochlear implantation on music perception: A review. *Otorinolaringologia*, 58(4), 169–190.
- Maler, A. (2022). Music and Deafness in the Nineteenth-Century U.S. Imagination. *Journal of the Society for American Music*, 16(2), 184–205. <https://doi.org/10.1017/S1752196322000050>
- Manfredi, L. R., Baker, A. T., Elias, D. O., Dammann, J. F., III, Zielinski, M. C., Polashock, V. S., & Bensmaia, S. J. (2012). The effect of surface wave propagation on neural responses to vibration in primate glabrous skin. *PLoS ONE*, 7(2), Article e31203. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0031203>
- Martins-Said, P., Lehmann, A., Amorim, A. A. L., Baumgartner, F. M., Razabone, L. C., Araújo, E. S., Jacob, L. C. B., Silva, B. C. S., & Alvarenga, K. F. (2026). Effective musical training protocols for the rehabilitation of children with cochlear implants: A systematic review. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 204, 112793. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2026.112793>
- Moallem, T. M., Reed, C. M., & Braida, L. D. (2010). Measures of tactual detection and temporal order resolution in congenitally deaf and normal-hearing adults. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 127(6), 3696–3709. <https://doi.org/10.1121/1.3397432>
- Moore, B. C. J. (2022). Listening to music through hearing aids: Potential lessons for cochlear implants. *Trends in Hearing*, 26, 1–18. <https://doi.org/10.1177/23312165211072969>
- Nimmons, G. L., Kang, R. S., Drennan, W. R., Longnion, J., Ruffin, C., Worman, T., Yueh, B., & Rubenstein, J. T. (2008). Clinical assessment of music perception in cochlear implant listeners. *Otology & neurotology: official publication of the American Otological Society, American Neurotology Society [and] European Academy of Otology and Neurotology*, 29(2), 149–155. <https://doi.org/10.1097/mao.0b013e31812f7244>
- Padden, C. A. (1998). The ASL lexicon. *Sign Language & Linguistics*, 1(1), 39-60. <https://doi.org/10.1075/sll.1.1.04pad>
- Padden, C., & Humphries, T. (1988). *Deaf in America: Voices from a culture*. Harvard University Press.
- Petersen, B., Weed, E., Brattico, E., Vestergaard, M. D., Hansen, M., Sørensen, S. D., & Sandmann, P. (2015). Brain responses to musical feature changes in adolescent cochlear implant users. *Frontiers in Human Neuroscience*, 9, 7. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00007>
- Puckett, C. L. (2026). Resonating Beyond Sound: A Multi-Sensory Approach to General Music for Deaf and Hard-of-Hearing Students. *Journal of General Music Education*, 39(3), 38-46. <https://doi.org/10.1177/27527646261417335>
- Remache-Vinueza, B., Trujillo-León, A., Clim, M.E., Sarmiento-Ortiz, F., Topon-Visarrea, L., Refsum Jensenius, A., & Vidal-Verdú, F. (2022). Mapping monophonic MIDI tracks to vibrotactile stimuli using tactile illusions. En C. Saitis, I. Farkhatdinov, & S. Papetti (Eds.), *Haptic and audio interaction design. HAID 2022* (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 13417, pp. 115–124). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-15019-7_11

- Roy, A. T., Scattergood-Keeper, L., Carver, C., Jiradejvong, P., Butler, C., & Limb, C. J. (2014). Evaluation of a test battery to assess perception of music in children with cochlear implants. *JAMA Otolaryngology–Head & Neck Surgery*, 140(6), 540–547. <https://doi.org/10.1001/jamaoto.2014.341>
- Ruffin, C. V., Kronenberger, W. G., Colson, B. G., Henning, S. C., & Pisoni, D. B. (2013). Long-term speech and language outcomes in prelingually deaf children, adolescents and young adults who received cochlear implants in childhood. *Audiology & neuro-otology*, 18(5), 289–296. <https://doi.org/10.1159/000353405>
- Russo, F. A., Ammirante, P., & Fels, D. I. (2012). Vibrotactile discrimination of musical timbre. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 38(4), 822–826. <https://doi.org/10.1037/a0027186>
- See, R. L., Driscoll, V. D., Gfeller, K., Kliethermes, S., & Oleson, J. (2013). Speech intonation and melodic contour recognition in children with cochlear implants and with normal hearing. *Otology & Neurotology*, 34(4), 748–755. <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e318287c985>
- Seeberg, A. B., Haumann, N. T., Højlund, A., Andersen, A. S. F., Faulkner, K. F., Brattico, E., Vuust, P., & Petersen, B. (2023). Adapting to the Sound of Music - Development of Music Discrimination Skills in Recently Implanted CI Users. *Trends in Hearing*, 27, 23312165221148035. <https://doi.org/10.1177/23312165221148035>
- Sheldon, D. A. (1997). The Illinois School for the Deaf Band: A Historical Perspective. *Journal of Research in Music Education*, 45(4), 580-600. <https://doi.org/10.2307/3345424>
- Spangmose, S. de S., Gopalakrishnan, A., MacDonald, E. N., & Dau, T. (2019). Perception of musical tension in cochlear implant listeners. *Frontiers in Neuroscience*, 13, 987. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00987>
- Sutela, K., & Ahonen, O. (2025). “I can feel the rhythm, and it is somehow nice”: Deafness challenging the hierarchy of senses in music education. *Research Studies in Music Education*, 47(2), 186-201. <https://doi.org/10.1177/1321103X231223864>
- Tranchant, P., Shiell, M. M., Giordano, M., Nadeau, A., Peretz, I., & Zatorre, R. J. (2017). Feeling the Beat: Bouncing Synchronization to Vibrotactile Music in Hearing and Early Deaf People. *Frontiers in Neuroscience*, 11, 507. <https://doi.org/10.3389/fnins.2017.00507>
- Verdugo Alonso, M. Á. (Dir.). (1995). *Personas con discapacidad: perspectivas psicopedagógicas y rehabilitadoras*. Siglo XXI de España Editores S.A.
- Xu, L., Zhou, N., Chen, X., Li, Y., Schultz, H. M., Zhao, X., & Jia, H. (2009). Vocal singing by prelingually-deafened children with cochlear implants. *Hearing Research*, 255(1-2), 129–134. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2009.06.005>
- Yucel, E., Sennaroğlu, G., & Belgin, E. (2009). The family oriented musical training for children with cochlear implants: Speech and musical perception results of two-year follow-up. *International Journal of Pediatric Otorhinolaryngology*, 73(7), 1043–1052. <https://doi.org/10.1016/j.ijporl.2009.04.009>