



ARTÍCULOS

Percepción musical, producción sonora y su relación en instrumentistas de cuerda frotada: Una revisión sistemática

Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review

Fernando López-Calatayud¹
Instituto de Educación Secundaria Villa de Níjar, Almería (España)

doi:10.7203/LEEME.51.25928

Recepción: 02-01-2023 Revisión: 02-01-2023 Aceptación: 25-01-2023

Resumen

La percepción musical y la producción de sonido son habilidades muy importantes en la formación de músicos que tocan instrumentos de cuerda frotada. El propósito de esta revisión bibliográfica es resumir el conocimiento de estas habilidades y la relación entre ellas. Se ha realizado una revisión sistemática de la literatura utilizando el protocolo PRISMA. Los estudios se extrajeron de Sage, Scopus, WoS y JSTOR utilizando los términos: música, afinación, entonación y percepción. Se encontraron un total de 1819 estudios y se seleccionaron 29. Los estudios analizados abarcaron el período de 1937 a 2019 y los niveles desde la escuela primaria hasta los instrumentistas profesionales. El análisis aplicó seis categorías predeterminadas a los datos extraídos de los estudios seleccionados mostrando, en el mejor de los casos, una relación moderada entre ambas habilidades. Los datos podrían confirmar un aumento en la relación entre las dos habilidades debido a factores como el aprendizaje y las etapas de desarrollo. No obstante, estas etapas están relacionadas con la automatización de esquemas psicomotores y el desarrollo cognitivo, así como con el desarrollo de la expresión musical de los estudiantes. Se discuten varias tendencias aparentes relacionadas con la percepción musical y la producción de sonido.

Palabras clave: percepción musical, producción sonora; instrumentistas de cuerda frotada; revisión sistemática.

Abstract

Music perception and sound production are very important skills in the formation of musicians who play bowed string instruments. The purpose of this literature review is to summarize the knowledge of these abilities and the relationship between them. A systematic literature review using the PRISMA protocol has been conducted. Studies were extracted from Sage, Scopus, WoS, and JSTOR using the terms: music, tuning, intonation, and perception. A total of 1819 studies were found, and 29 were selected. The studies analyzed covered the period from 1937 to 2019 and the levels from elementary school to professional players. The analysis applied six predetermined categories to data extracted from the selected studies showing at best a moderate relationship between both abilities. The data could confirm an increase in the relationship between the two skills due to factors such as learning and developmental stages. However, these stages are related to automation of psychomotor schemas and cognitive development, as well as the development of the musical expression of the students. Several apparent trends related to music perception and sound production are discussed.

Key words: Music Perception; Sound Production; Bowed String Players; Systematic Review.

¹ Profesor de Educación Secundaria Obligatoria, <https://orcid.org/0000-0003-22389-3094>

Contacto y correspondencia: Fernando López Calatayud, Instituto de Educación Secundaria Obligatoria Villa de Níjar, fcalatayud@gmail.com, C/ Salitrillo, s/n, C.P. 02100 Níjar. España.

1. Introducción

Las habilidades de percepción musical y producción de sonido son facetas muy importantes para el alumnado de música instrumental, especialmente para quienes estudian instrumentos de cuerda frotada. Es por ello, que el alumnado pasa mucho tiempo desarrollando estas habilidades. El alumnado que tiene una buena formación en percepción musical parece que tiene la capacidad de emitir juicios precisos sobre la calidad de su propia interpretación y la de sus iguales (Rakowski, 1985; Sorenson, 2021). Esto sugiere la importancia de la capacidad perceptiva y subordina a ella la producción de sonido (Morrison y Fyk, 2002). En consecuencia, los instrumentistas de cuerda frotada deberían basar su desempeño en su propio rendimiento perceptivo (Ha, 2015; Hallam y Bautista, 2018). Sin embargo, la investigación con instrumentistas de viento y cantantes no parece corroborar una relación entre la percepción musical y la producción de sonido (Ballard, 2011; Byo *et al.*, 2011; Ely, 1992; Geringer, 1978, 1983; Morrison, 2000; Silvey *et al.*, 2019; Yarbrough *et al.*, 1995, 1997; Worthy, 2000). El propósito de esta revisión sistemática fue aprender más sobre la percepción musical y las habilidades de producción de sonido de los músicos de cuerda frotada y averiguar si existe alguna relación entre ellas. Una comprensión de las relaciones entre las dos habilidades y sus limitaciones puede proporcionar información importante para que educadores y educadoras ajusten sus demandas para facilitar el desarrollo de habilidades del alumnado.

1.1 Percepción musical

El concepto de percepción musical engloba varios factores auditivos relacionados con el sonido (Deutsch, 2007). Por ejemplo, la percepción musical incluye la discriminación de tono. La discriminación de tono es “la capacidad de distinguir entre dos tonos sucesivos o dos ejemplos diferentes de un solo tono” (Morrison y Fyk, 2002, p.183). La discriminación de tono utiliza juicios comparativos de tono (agudo-grave), dirección (ascendente-descendente) y/o cantidad (cents). El concepto de percepción musical también incluye características de nivel superior, como la percepción de la entonación (Deutsch, 2007). La percepción de la entonación es la forma en que las personas perciben el tono de un conjunto de sonidos (Geringer *et al.*, 2012). Esta habilidad valora más información y, por lo tanto, puede considerarse más compleja. La percepción de la entonación también utiliza juicios comparativos, pero “se refiere a la ejecución del tono dentro de contextos musicales” (Yarbrough y Ballard, 1990, p.19). Esta es la razón por la que se utilizan patrones de sonido en lugar de pares de sonidos.

Varios factores pueden afectar la capacidad de percepción sonora de músicos de cuerda frotada. El entrenamiento musical, por ejemplo, afecta positivamente la discriminación de tono (Micheyl *et al.*, 2006; Sorenson, 2021). Sin embargo, a veces las personas con formación musical se desempeñan mal en tareas de discriminación de tono. Vurma y Ross (2006) sugieren que los músicos experimentados no son capaces de apreciar diferencias de un octavo de tono. Otros estudios sugieren que las personas entrenadas pueden percibir los intervalos de manera diferente (Hubbard, 2022; Russo y Thompson, 2005b; Samplaski, 2005; Wong *et al.*, 2021) y que esto puede ocurrir incluso cuando se consideran registros distintos (Gockel y Carylton, 2021; Guest y Oxenham, 2020; Russo y Thompson, 2005b; Samplaski, 2005).

La identificación de intervalos es un factor importante para detectar desajustes de entonación. Estudios recientes han relacionado la capacidad de identificar intervalos con la

capacidad de detectar desajustes de entonación en melodías cortas (Stambaugh y Nichols, 2020). Además, la capacidad de identificar intervalos es un predictor importante del rendimiento en el dictado melódico (Nichols y Springer, 2022). Además, el alumnado principiante puede beneficiarse más de trabajar varios intervalos a la vez que de hacerlo de uno en uno (Wong *et al.*, 2021).

Otro factor que contribuye al rendimiento en la discriminación del tono podría ser el tipo de instrumento que se toca (Loh, 2007; Micheyl *et al.*, 2006, pero ver para ausencia de implicaciones Wolf y Kopiez, 2018). El tipo de instrumento también suele estar relacionado con un determinado sistema de afinación. El sistema de afinación utilizado para realizar el análisis puede ser otro factor que afecte los resultados, ya que esos resultados se determinan en función del sistema de afinación con el que se comparan (Hubbard, 2022). A lo largo de la Historia, se han desarrollado muchos sistemas de afinación con diferentes divisiones de la octava (Apel, 1974; Barbour, 1951; Grove, 2009). Sin embargo, el temperamento igual y los sistemas pitagórico y de afinación justa (Tabla 1) han recibido la mayor atención e interés científico (por ejemplo, Ballard, 2011; Geringer, 2018; Springer *et al.*, 2021).

Tabla 1. Diferencias en centésimas entre pares de sistemas de entonación utilizando la escala de do mayor: temperamento igual (T); sistema justo (J); sistema de afinación pitagórico (P)

Nota	T-J	T-P	P-J
C	0	0	0
D	-4	-4	0
E	+14	-8	-22
F	+2	+2	0
G	-2	-2	0
A	+16	-6	-22
B	+12	-10	-22
C	0	0	0

Fuente: Loosen (1994)

El factor timbre también parece afectar el rendimiento en la discriminación de tono. Se han observado diferencias de +15 a +20 cents² en la percepción de un mismo sonido con timbre instrumental o vocal (Vurma *et al.*, 2010). También, parece haber una tendencia a percibir los sonidos agudos con un timbre más brillante que los sonidos graves (Russo y Thompson, 2005a).

El acompañamiento musical también parece afectar el rendimiento perceptivo de la entonación. Los estímulos musicales con respaldo de acompañamiento parecen percibirse mejor, pero el rendimiento disminuye cuando el registro de tono se vuelve más agudo (Geringer, 1978). Sin embargo, el alumnado de viento y percusión percibía mejor los estímulos musicales sin ningún acompañamiento (Springer y Silvey, 2018).

1.2 Producción de sonido³

Los estudios que investigan el rendimiento en la producción de sonido a menudo utilizan estrategias concurrentes. El método de ajuste o emparejamiento de tonos consiste en ajustar el tono de un sonido tomando como referencia ese u otro tono diferente. Este método

² El cent se ha incluido aquí y en otros lugares como un factor para medir la desviación porque (1) se muestra así en los estudios revisados y (2) para facilitar la comprensión del lector.

³ Los estudios que utilizan el método de ajuste o emparejamiento de tonos y el rendimiento de la entonación se han incluido en la producción de sonido. Aunque esos trabajos implican una etapa de discriminación de tono, la fase final de producción incluye la evaluación de la producción sonora.

implica evaluación perceptiva y acción práctica. Otra estrategia es la producción de sonido, que se utiliza para medir el rendimiento (entonación) en contextos musicales. Este método también requiere evaluación perceptual y acción práctica (Morrison y Fyk, 2002).

Hay varios factores que pueden afectar el rendimiento de la producción de sonido de los músicos de cuerda frotada. Uno de esos factores es la ausencia de automatización. El alumnado principiante de cuerda frotada tiene un rendimiento limitado en la producción de sonido. Esto se debe a que es fundamental asimilar (automatizar) ciertos esquemas mentales antes de que puedan prestar suficiente atención a la entonación (Hallam, 2001; Morrison y Fyk, 2002). Estos esquemas mentales fundamentales se basan en: (a) desarrollo mecánico (acciones de sincronización, secuenciación y organización espacial del movimiento) (Zatorre *et al.*, 2007); y (b) la asociación de representaciones gráficas (notas musicales) y/o un estímulo auditivo (elementos sonoros) al factor mecánico. El desarrollo y asimilación de estos esquemas primarios y futuros permitirá enfocarse en la entonación, el contenido musical a transmitir y los procesos más efectivos para lograr el resultado deseado.

Entonar con un instrumento de cuerda frotada es una tarea compleja (Powell, 2010). Esta habilidad parece requerir más experiencia que tocar con el ritmo adecuado o mantener el ritmo (Hallam, 2001). Esta podría ser la razón por la que hay buen alumnado en entrenamiento auditivo que comete desajustes productivos en los que tienden a comprimir el tamaño de los intervalos pequeños y ampliar el tamaño de los grandes (Rakowski, 1985). Quizás estos desajustes estén relacionados con la preferencia por un sistema de afinación diferente al temperamento igual, aunque el temperamento igual ha predominado en la educación musical formal debido al uso del piano (Loh, 2007). Otra causa de los desajustes podría ser la falta de sistematización en la enseñanza de la entonación, como parece ocurrir en el campo de la enseñanza de los instrumentos de viento metal (Tejada *et al.*, 2022). Sin embargo, considerando la relevancia que puede tener un sonido dentro de la tonalidad, su tono puede ser ampliado o comprimido intencionalmente (Gardner, 2020). Esto se relaciona con la *Entonación Expresiva*, concepto acuñado por el violonchelista Pablo Casals (Yarbrough y Ballard, 1990). Los intervalos que componen una melodía no son elementos estáticos, sino que se manejan de manera diferente para transmitir el contenido musical. Varios estudios pedagógicos y de investigación respaldan la función expresiva y adaptativa de la entonación (por ejemplo, Galamian, 2013; Ha, 2015; Kanno, 2003).

El acompañamiento musical es otro factor que puede afectar el rendimiento en la producción de sonido. Hay estudiantes que se desempeñan mejor cuando utilizan acompañamientos armónicos (Bergonzi, 1997; Geringer, 1978), mientras que otros no (Laux, 2015; Springer *et al.*, 2021). Sin embargo, hay estudiantes de viento (Springer *et al.*, 2021) y de cuerda (Zabanal, 2020) que creen que el acompañamiento les ayuda en su trabajo de entonación. Además, suele ser un recurso ampliamente implementado en la literatura pedagógica (López-Calatayud *et al.*, 2022).

2. Método

2.1. Diseño y recogida de datos

Esta revisión sistemática sigue el protocolo *Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses* (PRISMA) (Page *et al.*, 2021). La búsqueda se realizó en febrero de

2022 en cuatro bases de datos: Sage, Scopus, WoS y JSTOR. Los criterios de búsqueda fueron: music* AND tuning* AND intonation* AND perception*. Asimismo, también se revisó la sección de referencias de los estudios seleccionados en busca de nuevas fuentes de interés. Esta práctica no es nueva y permite la inclusión de estudios relevantes (Oliveira *et al.*, 2021).

El enfoque principal en la primera fase del análisis estuvo en el título, las palabras clave y el resumen para verificar la elegibilidad de los estudios. Los estudios que pasaron esta fase fueron leídos en su totalidad y evaluados para su inclusión. Se creó un documento de Excel para registrar el proceso de filtrado.

El autor de este estudio realizó, en dos ocasiones, diferentes todas las fases del proceso de filtrado (período de tiempo entre ellas de seis semanas). Los estudios en los que hubo desacuerdo se revisaron para llegar a un consenso. Una vez decidido el número de estudios, se extrajo la información. Este proceso también se llevó a cabo en dos ocasiones (lapso de tiempo de seis semanas entre ellas). Finalmente, se crearon las categorías en las que se clasificarían los trabajos.

2.2. Criterios de elección

Se consideraron las siguientes razones para la inclusión:

- La capacidad perceptiva de los instrumentistas de cuerda.
- Se abordaron las habilidades de afinación y entonación.
- Estudios sin límite temporal.
- Estudios de cualquier nivel educativo y profesional.
- Estudios en los que los autores, a pesar de no aislar los resultados de cada familia instrumental, indicaron que los resultados no diferían entre ellos.

Algunos documentos fueron excluidos porque:

- Consistieron en trabajos teóricos o reseñas.
- No estaban escritos en inglés.
- Los participantes no eran músicos de cuerda frotada.
- Los resultados no se mostraron por separado para los músicos de cuerda frotada.

3. Resultados

Se encontraron un total de 1.819 estudios (Sage, $n = 727$; Scopus, $n = 28$; Web of Science, $n = 37$; y JSTOR, $n = 1027$). Se eliminaron 54 estudios duplicados, quedando 1.765. De estos, 1.525 fueron eliminados por no estar relacionados con el objetivo de esta revisión. También se eliminaron los estudios teóricos y las revisiones ($n = 57$), los estudios escritos en otros idiomas distintos del inglés ($n = 1$) y los estudios que no involucraban a músicos de cuerda frotada o en los que no se detallaban sus resultados ($n = 163$), dejando 19 estudios.

Después de esta selección, se agregaron a la lista 10 estudios de otras fuentes (artículos conocidos por el autor y artículos encontrados en la revisión de la sección de referencias). El número de estudios incluidos fue de 29. La figura 1 muestra el proceso de filtrado. El Anexo A presenta un resumen estructurado de los 29 estudios incluidos en esta revisión.

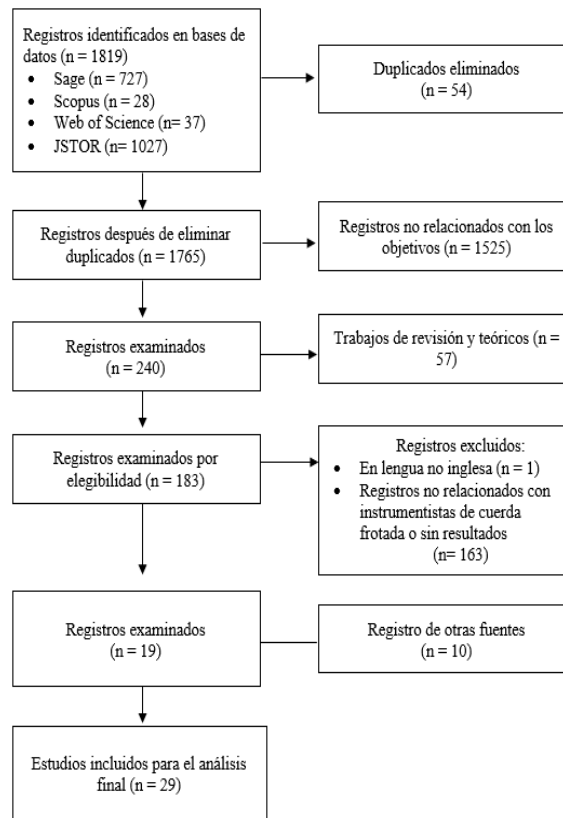


Figura 1. Resultados del proceso de filtrado basado en PRISMA

Los 29 estudios revisados en este trabajo abarcan desde 1937 hasta el presente. Sin embargo, el número de estudios es mayor en la década de 1990 a 1999 y de 2010 a 2019, con nueve investigaciones en cada caso, que en las otras décadas (Figura 2).

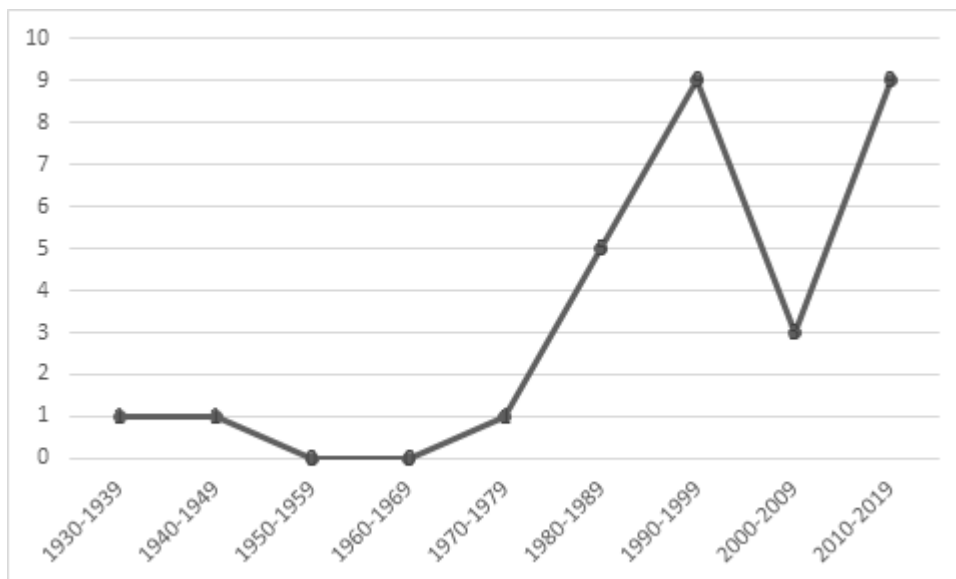


Figura 2. Distribución temporal de los estudios revisados

Los trabajos revisados trataban sobre percepción musical ($n = 5$), producción de sonido ($n = 20$), o ambos ($n = 4$), y todos ellos enfocados en instrumentistas de cuerda frotada.

Los investigadores, en general, se han interesado más por el nivel universitario ($n = 7$) y profesional ($n = 6$) que por los niveles inferiores (inicial, $n = 1$; secundaria, $n = 2$; y bachillerato, $n = 2$). En otros estudios, se informó que los participantes tenían suficiente experiencia ($n = 3$), pero no se especificó la experiencia que tenían. Los participantes en 8 estudios tenían diferentes niveles de competencia. Los investigadores también se han decantado más por los estudios transversales.

Los 29 estudios investigaron la percepción musical y la producción de sonido de músicos de cuerda frotada. Se clasificaron en seis categorías en función de los temas extraídos:

- a. Entrenamiento específico.
- b. Sistemas de afinación.
- c. Rendimiento.
- d. Timbre como factor.
- e. *Vibrato*.
- f. La relación entre percepción musical y la producción de sonido.

A continuación, se detallan los estudios pertenecientes a cada una de las categorías analíticas.

3.1. Entrenamiento específico

Fogarty *et al.* (1996) estudiaron el efecto de las clases de entrenamiento auditivo sobre la percepción de la entonación de estudiantes universitarios después de 4-8 meses. Los resultados no mostraron diferencias significativas en la capacidad de los estudiantes ($n = 71$) para detectar desajustes de entonación. Los autores sugirieron que el alumnado tenía una buena capacidad perceptiva y que estaba lo suficientemente desarrollada como para no mostrar una mejora significativa después de un año académico de formación.

Otro trabajo incluido ha investigado el efecto del entrenamiento específico en la producción de sonido. Smith (1995) investigó el efecto sobre el rendimiento con el instrumento derivado del entrenamiento con un *software* de apoyo. Estudiantes de Secundaria ($n = 80$) se distribuyeron aleatoriamente en grupos. La práctica instrumental fue evaluada por tres expertos utilizando una escala de calificación de 5 puntos. Los resultados mostraron que el grupo que trabajó con el *software* mejoró significativamente su producción de sonido con el instrumento.

3.2. Sistemas de afinación

Loosen (1995) investigó la percepción de la entonación de violinistas profesionales ($n = 7$) juzgando pares de escalas (C4-C5) afinadas en diferentes sistemas musicales (pitagórico, temperamento igual y sistema justo). Los resultados sugirieron que había instrumentistas de cuerda que no se ajustaban a ningún sistema en particular, aunque se encontró cierta tendencia hacia el sistema pitagórico (55% > temperamento igual; 93% > sistema justo).

Seis estudios incluidos investigaron la producción de sonido de músicos de cuerda frotada en busca de tendencias hacia algún sistema de afinación en particular. Sin embargo, los

resultados de estos estudios difieren. En algunos estudios, los intérpretes de cuerdas no se ajustaban a ningún sistema de afinación específico. Violinistas profesionales ($n = 7$) que entonaron el tono de los patrones escalares de do mayor se desviaron de manera similar del sistema pitagórico y del temperamento igual (Loosen, 1994). En otro estudio, violinistas profesionales ($n = 8$) también se desviaron de manera similar del sistema pitagórico y del temperamento igual (Loosen, 1993).

Se cuenta con músicos de cuerdas que no se ajustaban completamente a ningún sistema en particular, sino que estaban más cerca del sistema pitagórico. Greene (1937) analizó la interpretación de violinistas experimentados ($n = 6$) de varios intervalos. Los resultados mostraron una tendencia hacia el sistema pitagórico. Esta tendencia coincide con la interpretación de otros instrumentistas de cuerda experimentados ($n = 24$) de melodías solistas y de conjunto (Nickerson, 1949). Asimismo, el análisis de varias grabaciones de violinistas profesionales ($n = 8$) sin acompañamiento también sugirió que los instrumentistas de cuerda no adoptaban de manera continua ningún sistema en particular. Sin embargo, en las actuaciones se adaptaron mejor al sistema pitagórico. (Geringer, 2018).

La falta de consenso⁴ de los instrumentistas de cuerda hacia algún sistema de afinación es más evidente en un estudio diferente. Geringer *et al.* (2013) analizaron fragmentos de grabaciones de violinistas profesionales ($n = 4$) con acompañamiento de piano. Los resultados sugirieron que: (a) dos violinistas estaban más cerca del sistema pitagórico en la mayoría de los intervalos mayores, pero no en los menores; (b) otro violinista estaba entre el sistema pitagórico y el temperamento igual, y (c) otro violinista estaba más cerca del temperamento igual.

3.3. Rendimiento

Cuatro estudios incluidos en esta revisión se dedicaron a la percepción musical. Todos ellos sugieren que los instrumentistas experimentados cometen desajustes en su desempeño perceptivo. En el estudio de Parker (1983), estudiantes universitarios de violín ($n = 15$) y estudiantes de piano ($n = 15$) indicaron si escuchaban uno o dos tonos puros sonando al mismo tiempo. El tono de uno de los sonidos se amplió mientras que el otro sonido permaneció en su tono original. El alumnado percibía los dos sonidos de forma diferente cuando la diferencia entre ellos era de unos +20 céntimos. En otro estudio (Rosner, 1999), instrumentistas experimentados ($n = 6$) percibieron los intervalos de manera diferente. Por ejemplo, los intervalos largos (8^o) se percibieron más amplios; los intervalos medios (4^o) se percibieron más amplios en el registro grave y más comprimidos en el registro agudo; y los intervalos pequeños (2^o) se percibieron más comprimidos en registros extremos. Sin embargo, estudiantes de violín en su último año de secundaria ($n = 46$) pudieron detectar desajustes con márgenes entre +5 y +8 centavos. (Hopkins⁵, 2015). Sin embargo, estudiantes de Secundaria ($n = 60$) y estudiantes universitarios y profesionales ($n = 60$) tendían a comprimir el tono cuando producían desajustes de entonación (Geringer y Witt, 1985).

Los resultados de diecisiete estudios que analizaron la producción de sonido sugieren que los músicos de cuerda cometen errores en sus interpretaciones. Un análisis de grabaciones

⁴ Se aborda la falta de consenso en la práctica instrumental. Sin embargo, la misma falta de consenso existe entre los investigadores que analizan las interpretaciones.

⁵ Si bien en este trabajo se ha utilizado la estrategia coincidencia de tono o método de ajuste, se ha incluido aquí para mantener la lógica de esta investigación que busca comparar la percepción y la producción del tono.

de violinistas profesionales ($n = 4$) con acompañamiento de piano mostró un desajuste entre -17 y +26 cents respecto al acompañamiento (Geringer *et al.*, 2013). Otras grabaciones de violinistas profesionales ($n = 8$) sin acompañamiento fueron más precisas, con un desajuste de ± 10 centavos (Geringer, 2018). Los instrumentistas profesionales ($n = 60$) tienden a ampliar el tono (Geringer y Witt, 1985). Esa ampliación del tono puede ser mayor al final que al comienzo de cada sonido (Sogin, 1989) o mayor en la dirección descendente que en la ascendente (Loosen, 1993; Sogin, 1989). El desajuste de los instrumentistas profesionales ($n = 8$) también es mayor en el registro agudo que en el registro medio, pero con mínimas diferencias entre ambos registros (Loosen, 1993).

El alumnado universitario también tiende a ampliar el tono (Geringer y Allen, 2004; Geringer *et al.*, 2005; Geringer y Witt, 1985; Kantorski, 1986; Papich y Rainbow, 1974; Salzberg, 1980; Sogin, 1989; Yarbrough y Ballard, 1990). Sin embargo, hay estudiantes universitarios que tienden a disminuirlo, a comprimirlo (Hopkins, 2014); mientras que, para otros estudiantes la precisión es casi total (Geringer *et al.*, 2014). La tendencia a ampliar el tono es mayor en el registro agudo que en el grave con valores en torno a los tres octavos de tono (Kantorski, 1986). Sin embargo, Geringer *et al.* (2014) sugieren que en el registro agudo hay una tendencia a comprimir el tono. Asimismo, el tipo de instrucción también parece afectar el desajuste de los estudiantes universitarios, aunque el rendimiento es similar en una variedad de tareas musicales (Salzberg, 1980). El desajuste del alumnado parece ser mayor en la dirección descendente (Kantorski, 1986); pero, otro estudio no muestra diferencias significativas en relación con la dirección (Yarbrough y Ballard, 1990). El acompañamiento musical al unísono es significativamente más efectivo (menos desajuste) que el acompañamiento a dos octavas, dos octavas más una tercera o con un intervalo de tercera (Kantorski, 1986). Además, algunas digitaciones parecen tener implicaciones significativas para el rendimiento de los sonidos con ligaduras (Geringer *et al.*, 2005).

El alumnado de Secundaria y preparatoria también tienden a ampliar el tono (Geringer y Allen, 2004; Geringer y Witt, 1985; Zabanal, 2019). Sin embargo, hay estudiantes que tienden a comprimirlo en el registro agudo (Geringer *et al.*, 2014). El tamaño del desajuste también puede ser mayor para los sonidos en un registro grave (Hamann *et al.*, 2006; Hopkins, 2014, 2015). El uso o no de acompañamiento musical no parece afectar la entonación de los alumnos de este nivel (Zabanal, 2019).

El alumnado principiante de cuerda ($n = 8$, nivel universitario de otro instrumento) también tienden a ampliar el tono (Sogin, 1997). El alumnado de último año de la escuela Primaria ($n = 48$) también produce desajustes, especialmente en el registro grave (Hopkins, 2014).

3.4. Timbre como factor

El efecto del timbre en la percepción musical de músicos de cuerda frotada ha sido investigado en dos estudios. Geringer *et al.* (2012) registró la interpretación del *Ave María* de Bach por un violinista, un trompetista y una cantante con acompañamiento de piano. El tono de los dos primeros compases del acompañamiento estaba entonado, mientras que en los compases restantes se ampliaba o comprimía (10, 20 y 30 centésimas) respecto al acompañamiento. Los estudiantes de secundaria y preparatoria ($n = 71$) calificaron los tonos estables de manera constante. Sin embargo, el alumnado era más sensible a los desajustes progresivos cuando el

violinista ampliaba el tono. El alumnado calificó constantemente todas las interpretaciones en las que el tono se comprimó progresivamente, pero a -30 centavos, el tono del violín fue calificado como el más desentonado.

Geringer *et al.* (2014) investigó cómo el alumnado percibía los tonos de un violín o un violonchelo. Estudiantes de Secundaria ($n = 180$) y estudiantes universitarios ($n = 60$) percibieron los tonos estables con timbre de violín y violonchelo como constantes. Sin embargo, los sonidos en los que se ampliaba (+15 centésimas) y comprimía el tono (-15 centésimas) se percibieron más amplios y comprimidos, respectivamente.

Dos estudios investigaron el efecto del timbre en la producción de sonido de músicos de cuerda frotada. Sin embargo, ambos trabajos sugieren que el uso de diferentes timbres para afinar el instrumento no tiene efecto en los resultados. Por ejemplo, la afinación de La=440 Hz con el timbre de un violín o mediante un afinador electrónico no tuvo efecto en la precisión de los estudiantes de secundaria ($n = 139$) (Alexander, 2011). Esto es consistente con los resultados de ajuste de estudiantes de Secundaria ($n = 60$) (Hamann *et al.*, 2006).

3.5. *Vibrato*

Dos estudios investigaron el efecto de la variable *vibrato* en la percepción musical. El estudio de Brown y Vaughn (1996) informa sobre varios experimentos. En un experimento, estudiantes graduados ($n = 5$) y un profesional ($n = 1$) juzgaron la similitud entre los sonidos con y sin *vibrato*. Los resultados sugirieron que los sonidos con y sin *vibrato* se percibían de manera similar. En otro experimento, un violista profesional también percibió los mismos sonidos de manera similar. Sin embargo, en el estudio de Geringer *et al.* (2014), estudiantes de Secundaria ($n = 126$) y estudiantes universitarios ($n = 126$) percibieron sonidos con vibrato significativamente más comprimidos que aquellos sin *vibrato*. Del mismo modo, los sonidos que se habían comprimido y ampliado intencionalmente en el tono se percibieron como más comprimidos y ampliados, respectivamente. Esto era en sonidos con y sin *vibrato*.

Seis estudios incluidos investigaron el efecto de la variable *vibrato* en la producción de sonido con el instrumento. Varios de ellos no sugieren diferencias en la producción de sonidos con y sin *vibrato* (Brown y Vaughn, 1996; Geringer *et al.*, 2005; Sogin, 1989). Sin embargo, Geringer y Allen (2004) encontraron que estudiantes de Secundaria ($n = 20$) y estudiantes de universitarios ($n = 20$) ampliaron el tono de los sonidos sin *vibrato* más que los sonidos con *vibrato*. El alumnado también se desempeñó peor con el ajuste de la entonación cuando se aplicó la condición de *vibrato*. Finalmente, el alumnado universitario tendía a ampliar el tono de los sonidos con y sin *vibrato* más que el alumnado de Secundaria. Geringer *et al.* (2014) también encontraron diferencias significativas en la producción de sonidos con y sin vibrato. Estudiantes de Secundaria ($n = 180$) y estudiantes universitarios ($n = 60$) tendieron a comprimir el tono de los sonidos con *vibrato* más que los sonidos sin *vibrato*. Otro estudio interesado en el rendimiento de sonidos con diferente *vibrato* y diferente timbre sugiere que el alumnado universitario ($n = 72$) ajustaba consistentemente el tono de los sonidos con diferentes condiciones de *vibrato* y timbre (violonchelo y violín) (Geringer *et al.*, 2010).

3.6. Relación entre percepción musical y producción de sonido

Tres de los estudios incluidos investigaron explícitamente la relación entre la percepción musical y la producción de sonido. Otro estudio no buscó intencionalmente una relación, pero se puede extraer una relación aparente de sus datos.

En el estudio de Geringer y Witt (1985), estudiantes de Secundaria ($n = 60$) y estudiantes universitarios y profesionales ($n = 60$) hicieron un juicio perceptivo y compararon el sonido La= 440 Hz de su instrumento con el de un oboe. Los resultados mostraron un grado de relación entre la discriminación de tono y la producción de sonido. En el alumnado universitario y profesional la relación fue mayor (62%) que en el alumnado de Secundaria (43%).

En el estudio de Brown y Vaughn (1996), un violista profesional ($n = 1$) tocó un patrón musical cuyo rendimiento se analizó con y sin *vibrato*. El violista volvió a muestrear y juzgar perceptivamente el mismo patrón. Los resultados de ambas pruebas sugirieron que el violista realizaba un desajuste de alrededor de 10 cents.

En el estudio de Hopkins (2015), estudiantes de Secundaria ($n = 46$) ajustaron el tono de diferentes pares de sonidos y afinaron los sonidos cuerda al aire de dos violines. Los sonidos de los violines podían estar ampliados o comprimidos. Los resultados sugirieron una relación moderada entre estas habilidades. Además, las tareas de discriminación fueron más precisas que las tareas de afinación. Esto último es consistente con los resultados del estudio de Geringer *et al.* (2014). El estudio de Geringer *et al.* (2014) también sugiere que los sonidos en los que el tono se ha ampliado o comprimido intencionadamente se perciben y entonan aún más amplios y comprimidos, respectivamente. Los sonidos sin discrepancias se perciben y ajustan de manera consistente.

4. Discusión y conclusiones

El propósito de esta revisión de la literatura fue resumir el conocimiento sobre la percepción musical y las habilidades de producción de sonido de los músicos de cuerda frotada para detectar relaciones entre las dos habilidades. Los estudios revisados abarcan desde 1937 hasta la actualidad, pero es de 1990 a 1999 y de 2010 a 2019 cuando los investigadores se han interesado más por estos temas. Por lo tanto, este trabajo respalda el interés actual y también puede proporcionar datos y conclusiones relevantes para los investigadores. El diseño utilizado con más frecuencia en la investigación fue transversal y los investigadores han estado generalmente más interesados en la producción de sonido que en la percepción de la música o en ambos aspectos a la vez.

Los hallazgos que emergen de los estudios de percepción musical revisados sugieren que el rendimiento perceptivo de los estudiantes de violín en su último año de secundaria (Hopkins, 2015) es más preciso que el del alumnado universitario (Parker, 1983). Esto es inesperado considerando que una mayor experiencia conduciría a un mayor rendimiento (Micheyl *et al.*, 2006; Sorenson, 2021). Esto posiblemente se deba a que estos estudiantes universitarios habrían alcanzado su propio nivel máximo de habilidad (Fogarty *et al.*, 1996). Sin embargo, las tasas de desajuste de la percepción musical de los instrumentistas de cuerdas son más bajas que las de vocalistas experimentados (Vurma y Ross, 2006). Esto puede respaldar que la práctica de instrumentos específicos tenga implicaciones en el rendimiento perceptivo (Loh,

2007; Micheyl *et al.*, 2006). Quizás las tasas de desajuste de los instrumentistas de cuerda frotada estén relacionadas con el hecho de que no se ajustan completamente a ningún sistema de afinación en particular, aunque tiende hacia el sistema pitagórico (Loosen, 1995).

El timbre como factor no parece afectar la forma en que se perciben los diferentes sonidos siempre que no se manipule su tono. Cuando el tono se manipula intencionalmente, el alumnado es más sensible al timbre de su propia familia instrumental (Geringer *et al.*, 2012). Esto contrasta con los resultados de otros instrumentistas además de los de cuerda frotada, que mostraron un rendimiento perceptivo con diferencias entre +15 y +20 centavos (Vurma *et al.*, 2010). Por otro lado, los músicos de cuerda frotada tienden a percibir sonidos con y sin *vibrato* de forma consistente (Brown y Vaughn, 1996; Geringer *et al.*, 2014).

Los hallazgos que emergen de los estudios revisados con respecto a la producción de sonido instrumental muestran que los instrumentistas de cuerda cometen desajustes en sus interpretaciones y estos desajustes indican una tendencia a ampliar el tono. Esta tendencia a ampliar el tono se encuentra entre profesionales (Geringer, 2018; Geringer *et al.*, 2013; Geringer y Witt, 1985; Loosen, 1993; Sogin, 1989), estudiantes universitarios (Geringer y Allen, 2004; Geringer *et al.*, 2005; Geringer y Witt, 1985; Hopkins, 2014; Kantorski, 1986; Papich y Rainbow, 1974; Salzberg, 1980; Sogin, 1989; Yarbrough y Ballard, 1990) y estudiantes de secundaria y preparatoria (Geringer y Allen, 2004; Geringer y Witt, 1985; Zabanal, 2019) y estudiantes principiantes (Sogin, 1997), aunque también hay excepciones (Hamann *et al.*, 2006; Hopkins, 2014, 2015).

Los datos de los estudios revisados con respecto a la producción de sonido instrumental sugieren que el rendimiento en la producción de sonido parece estar compuesto por cuatro fases de desarrollo relacionadas con la automatización y la expresión musical. La primera fase de desarrollo incluye al alumnado principiante, que produce discrepancias entre un octavo y tres octavos de tono (Hopkins, 2014; Sogin, 1997). Esto puede deberse a que no han automatizado ciertos esquemas psicomotores y cognitivos (Hallam, 2001; Morrison y Fyk, 2002; Zatorre *et al.*, 2007). La segunda fase de desarrollo incluye a estudiantes de Secundaria y preparatoria, quienes mejoran considerablemente los índices de desajuste anteriores (Zabanal, 2019). Esto posiblemente se deba a la automatización de los esquemas psicomotores y el desarrollo cognitivo. Esto permitiría al alumnado concentrarse en la entonación (Hallam, 2001; Morrison y Fyk, 2002). La tercera fase de desarrollo incluye al alumnado universitario, quien incrementa su rendimiento previo (Geringer *et al.*, 2005; Kantorski, 1986). Los datos también sugieren que el alumnado universitario puede buscar la entonación expresiva (Galamian, 2013; Ha, 2015; Kanno, 2003; Yarbrough y Ballard, 1990). Esto es así considerando que el desajuste es de alrededor de un octavo de tono (Salzberg, 1980), pero puede llegar a tres octavos de tono (Kantorski, 1986). Finalmente, la cuarta fase incluye instrumentistas profesionales, que aumentan el rendimiento en la producción de sonido (Geringer, 2018; Loosen, 1993; Sogin, 1989). Eso lo hacen posiblemente incorporando sus propias consideraciones estilísticas y su tendencia (Geringer, 2018; Geringer *et al.*, 2013; Greene, 1937; Nickerson, 1949) o no (Geringer *et al.*, 2013; Loosen, 1993, 1994) hacia algún sistema de afinación en particular. En cualquier caso, el apoyo al aprendizaje aumenta el rendimiento en la producción sonora (Smith, 1995), que progresa con la experiencia (Geringer *et al.*, 2014; Hopkins, 2014; Zabanal, 2019). Sin embargo, este enfoque evolutivo del aprendizaje de los músicos de cuerda frotada debe ser respaldado por estudios que investiguen cómo progresa el alumnado a través de los niveles propuestos hasta un posible uso intencional de la entonación expresiva.

El acompañamiento musical no parece beneficiar el rendimiento en la producción sonora de estudiantes de Secundaria y preparatoria (Zabanal, 2019), universitarios (Kantorski, 1986) o profesionales (Geringer *et al.*, 2013). Esto es consistente con los resultados de otros estudios en los que el acompañamiento no tuvo efecto en la producción de sonido (Laux, 2015; Springer *et al.*, 2021). Sin embargo, hay estudiantes para quienes el acompañamiento es beneficioso (Bergonzi, 1997; Geringer, 1978). Quizás por eso el acompañamiento está tan presente en la literatura didáctica (López-Calatayud *et al.*, 2022). Y hay estudiantes de cuerda frotada que creen que el uso del acompañamiento mejora su rendimiento en escalas y arpeggios (Zabanal, 2020).

Dos tendencias parecen surgir de los datos de los estudios incluidos que examinan el rendimiento en la producción de sonido de los músicos de cuerda frotada. Una tendencia está relacionada con el timbre. El uso de diferentes timbres para ajustar el tono de los sonidos no afecta el rendimiento en la producción de sonido (Alexander, 2011; Hamann *et al.*, 2006). Esto se mantiene incluso cuando la variable *vibrato* está involucrada (Geringer *et al.*, 2010). Otra tendencia está relacionada con la variable *vibrato*. Los músicos de cuerda frotada producen sonidos con y sin *vibrato* de forma consistente (Brown y Vaughn, 1996; Geringer *et al.*, 2005; Sogin, 1989). Otros estudios no respaldan la tendencia del *vibrato* (Geringer y Allen, 2004; Geringer *et al.*, 2014). Sin embargo, los resultados de estos estudios sugieren una tasa de desajuste de sonidos con y sin *vibrato* de alrededor de 10 centavos. Esta cantidad se ha considerado adecuada para clasificar una producción de sonido (Geringer y Witt, 1985) y una percepción (Geringer *et al.*, 2012) óptimas y, por lo tanto, podría respaldar esta tendencia de producción de sonido.

Varios estudios que han investigado explícitamente la relación entre la percepción musical y la producción de sonido en músicos de cuerda frotada sugieren que, en el mejor de los casos, es moderada (Geringer y Witt, 1985; Hopkins, 2015). Esto coincide con otros instrumentistas para los que no existía una relación significativa entre ambos factores (Ballard, 2011; Byo *et al.*, 2011; Ely, 1992; Geringer, 1978, 1983; Morrison, 2000; Silvey *et al.*, 2019; Yarbrough *et al.*, 1995, 1997; Worthy, 2000). Sin embargo, vale la pena considerar que el desempeño de un violista profesional era similar en tareas perceptivas y productivas (Brown y Vaughn, 1996).

El análisis intracategorías proporciona más información sobre los patrones de relación entre la percepción musical y la producción de sonido. Por ejemplo, los instrumentistas de cuerda no se ajustan completamente a ningún sistema de afinación en particular, ya sea perceptivamente o productivamente, pero si favorecen alguno, es predominantemente el sistema pitagórico (Geringer, 2018; Geringer *et al.*, 2013; Greene 1937; Loosen, 1995; Nickerson, 1949). Una comparación del rendimiento de estudiantes de último año de secundaria, estudiantes de secundaria, universitarios y profesionales sugiere que el rendimiento perceptivo (Hopkins, 2015; Parker, 1983, Rosner, 1999) y productivo (Geringer y Allen, 2004; Geringer *et al.*, 2013; Geringer *et al.*, 2014; Hopkins, 2015; Kantorski, 1986; Salzberg, 1980; Zabanal, 2019) del alumnado del último año de Secundaria y preparatoria son mejores. Quizás la entonación expresiva discutida anteriormente tenga alguna implicación. Asimismo, el timbre parece no tener efecto en el rendimiento perceptivo y productivo de los músicos de cuerda frotada cuando los sonidos no se manipulan (Alexander, 2011; Geringer *et al.*, 2012; Geringer *et al.*, 2014; Hamann *et al.*, 2006).

Esta revisión sistemática proporciona datos relevantes para educadores e investigadores interesados en la percepción musical y las habilidades de producción de sonido de los músicos de cuerda frotada. El profesorado de instrumentos musicales de diferentes niveles puede encontrar en los resultados de este trabajo información relevante para apoyar u orientar su práctica docente. Por ejemplo, los programas de formación específicos pueden ser de gran beneficio para el desarrollo educativo del alumnado, aparentemente hasta el nivel intermedio. La preferencia de los instrumentistas de cuerda frotada por el temperamento igual puede favorecer la práctica conjunta con instrumentos basados en ese sistema musical. La preferencia por un sistema musical diferente puede resultar en que la entonación necesite mayor atención al practicar con esos instrumentos basados en el temperamento igual. Esto requiere que el profesorado haga consciente al alumnado de las diferencias entre estos sistemas musicales. De esta manera, el alumnado podrá mejorar su práctica con estos instrumentos (Galamian, 2013).

Los estudios revisados sugieren que el rendimiento de los instrumentistas de cuerda frotada está condicionado principalmente por la automatización. Cuanto mayor sea el grado de automatización, mayor será el nivel de liberación de carga cognitiva. Esta automatización permite gradualmente al alumnado centrar su atención en la tarea de calidad del sonido y en aspectos más avanzados (Hallam, 2001; Morrison y Fyk, 2002), como la entonación expresiva. El profesorado debe evaluar con precisión el nivel de automatización alcanzado por sus estudiantes y, en consecuencia, proporcionar retroalimentación sobre la calidad productiva de su práctica. Los comentarios sobre metas productivas que van mucho más allá de las capacidades actuales del alumnado pueden tener una influencia negativa en su interés por aprender el instrumento (McPherson, 2005). El timbre y el *vibrato* son herramientas poderosas que pueden tener un efecto en el sonido. Saber cómo estas herramientas afectan a los músicos de cuerda de manera perceptiva y productiva es importante para su desarrollo formativo. Finalmente, evaluar una relación incremental entre la percepción musical y la producción sonora implica que se debe prestar más atención al trabajo coordinado de estas dos habilidades en el campo del entrenamiento (Tejada *et al.*, 2022). Además, los investigadores pueden valorar las conclusiones de este trabajo y sentirse motivados a apoyarlas o refutarlas. En cualquier caso, esto ayudará a ampliar nuestro conocimiento sobre la relación entre percepción musical y producción de sonido en instrumentistas de cuerda frotada.

El número de estudios y las diferencias en sus condiciones y resultados dificultan el reconocimiento de otras relaciones aparentes. El efecto de los programas de instrucción y el uso o no del *vibrato* en la capacidad perceptiva y de producción son áreas que requieren más atención. El desarrollo de estudios que investiguen en conjunto la percepción musical y la producción sonora es necesario para sustentar las tendencias y conclusiones de este trabajo, que en ocasiones se basan en un número mínimo de estudios. Además, investigar ambas habilidades juntas es beneficioso para comprender cómo se relacionan. Este trabajo también está limitado por los criterios de elegibilidad. La inclusión de estudios con instrumentistas de cuerda frotada, aunque sus resultados no fueran aislados, podría haber tenido implicaciones diferentes para los resultados. Estas limitaciones deben ser consideradas, ya que pueden condicionar los resultados de esta revisión sistemática.

La percepción musical y la producción de sonido son aspectos muy importantes para los instrumentistas de cuerda frotada. Los estudios revisados que investigaron directamente la relación entre estas dos habilidades no muestran una relación significativa entre ellas. Sin embargo, podría ser apropiado considerar que esta relación es cada vez más importante. Esto es

así al considerar los datos de los diferentes estudios analizados en este trabajo. Los estudiantes van mejorando progresivamente su rendimiento productivo, en la medida en que automatizan ciertos esquemas psicomotores y cognitivos, y para ello requieren habilidades perceptivas que resalten las mejoras productivas a realizar. Además, la relación entre la percepción musical y la producción de sonido está más presente cuando la mayor parte del trabajo se realiza en casa sin ayuda, donde uno cuenta con sus habilidades apoyadas en la enseñanza. La entonación expresiva en sí misma también puede verse como un apoyo a esta relación. Se requiere un alto nivel de percepción para reconocer los pequeños márgenes que a veces se dan en la interpretación musical y su aplicación productiva al instrumento. Sin embargo, es necesario desarrollar más estudios que aporten información sobre la relación entre la percepción musical y la producción de sonido en instrumentistas de cuerda frotada.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación de España (PID2019-105762GB-I00) mediante la Agencia Estatal de Investigación (AEI/10.13039/501100011033) y cofinanciado por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (ERDF).

Referencias

- Alexander, M.L. (2011). Effects of stimulus type, distance, and instrument on high school students' open string tuning. *String Research Journal*, 2(1), 67-81. <https://doi.org/10.1177/194849921100200006>
- Apel, W. (1974). *Harvard dictionary of music*. The Belknap Press of Harvard University Press.
- Ballard, D.L. (2011). Relationships between college-level wind instrumentalists' achievement in intonation perception and performance. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 187, 19-32. <https://www.jstor.org/stable/41162321>
- Barbour, J.M. (1951). *Tuning and temperament: A historical survey*. Michigan State College Press.
- Bergonzi, L. (1997). Effects of finger markers and harmonic context on performance of beginning string students. *Journal of Research in Music Education*, 45(2), 197-211. <https://doi.org/10.2307/3345580>
- Brown, J.C. y Vaughn, K.V. (1996). Pitch center of stringed instrument vibrato tones. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 100(3), 1728-1735. <https://doi.org/10.1121/1.416070>
- Byo, J.L., Schlegel, A.L. y Clark, N.A. (2011). Effects of stimulus octave and timbre on the tuning accuracy of secondary school instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, 58(4), 316-328. <https://www.jstor.org/stable/40961657>
- Deutsch, D. (2007). Music perception. *Frontiers in Bioscience: A Journal and Virtual Library*, 12, 4473-4482. <https://doi.org/10.2741/2402>
- Ely, M.C. (1992). Effects of timbre on college woodwind players' intonational performance and perception. *Journal of Research in Music Education*, 40(2), 158-167. <https://doi.org/10.2307/3345565>

- López-Calatayud, F. (2023). Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review. *Revista Electrónica de LEEME*, 51, 55-81. doi.org/10.7203/LEEME.25928
- Fogarty, G.J., Buttsworth, L.M. y Gearing, P.J. (1996). Assessing intonation skills in a tertiary music training programme. *Psychology of Music*, 24(2), 157-170. <https://doi.org/10.1177/0305735696242008>
- Galamian, I. (2013). *Principles of violin playing and teaching*. Dover.
- Gardner, R.D. (2020). Extending the discussion: Intonation pedagogy for bowed stringed instruments, part 1. *Update: Applications of Research in Music Education*, 38(2), 55-58. <https://doi.org/10.1177/8755123319893219>
- Geringer, J.M. (1978). Intonational performance and perception of ascending scales. *Journal of Research in Music Education*, 26(1), 32-40. <https://doi.org/10.2307/3344787>
- Geringer, J.M. (1983). The relationship of pitch-matching and pitch-discrimination abilities of preschool and fourth-grade students. *Journal of Research in Music Education*, 31(2), 93-99. <https://doi.org/10.2307/3345213>
- Geringer, J.M. (2018). Eight artist-level violinists performing unaccompanied Bach: Are there consistent tuning patterns? *String Research Journal*, 8(1), 51-61. <https://doi.org/10.1177/1948499218769657>
- Geringer, J.M. y Allen, M.L. (2004). An analysis of vibrato among high school and university violin and cello students. *Journal of Research in Music Education*, 52(2), 167-178. <https://doi.org/10.2307/3345438>
- Geringer, J.M., Allen, M.L. y MacLeod, R.B. (2005). Initial movement and continuity in vibrato among high school and university string players. *Journal of Research in Music Education*, 53(3), 248-259. <https://doi.org/10.1177/002242940505300306>
- Geringer, J.M., MacLeod, R.B. y Allen, M.L. (2010). Perceived pitch of violin and cello vibrato tones among music majors. *Journal of Research in Music Education*, 57(4), 351-363. <https://doi.org/10.1177/0022429409350510>
- Geringer, J.M., Macleod, R.B. y Ellis, J.C. (2013). A descriptive analysis of performance models' intonation in a recorded excerpt from Suzuki violin school Volume 1. *String Research Journal*, 4(1), 71-88. <https://doi.org/10.1177/194849921300400405>
- Geringer, J.M., MacLeod, R.B. y Ellis, J.C. (2014). Two studies of pitch in string instrument vibrato: Perception and pitch matching responses of university and high school string players. *International Journal of Music Education*, 32(1), 19-30. <https://doi.org/10.1177/0255761411433728>
- Geringer, J.M., Macleod, R.B. y Sasanfar, J.K. (2012). High school string players' perception of violin, trumpet, and voice intonation. *String Research Journal*, 3(1), 81-96. <https://doi.org/10.1177/194849921200300106>
- Geringer, J.M. y Witt, A.C. (1985). An investigation of tuning performance and perception of string instrumentalists. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 85, 90-101. <https://www.jstor.org/stable/40317945>

- López-Calatayud, F. (2023). Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review. *Revista Electrónica de LEEME*, 51, 55-81. doi.org/10.7203/LEEME.25928
- Gockel, H.E. y Carlyon, R.P. (2021). On musical interval perception for complex tones at very high frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 149(4), 2644-2658. <https://doi.org/10.1121/10.0004222>
- Greene, P.C. (1937). Violin intonation. *Journal of the Acoustical Society of America*, 9(43), 207-207. <https://doi.org/10.1121/1.1915909>
- Grove, G. (2009). *A dictionary of music and musicians*. Cambridge University Press.
- Guest, D.R. y Oxenham, A.J. (2020). Perception of melodies and triads at high frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 148, 2462. <https://doi.org/10.1121/1.5146799>
- Ha, J. (2015). Teaching intonation in violin playing: A study of expert string teaching. *Australian Journal of Music Education*, 2, 224-236. <https://search.informit.org/doi/10.3316/aeipt.215102>
- Hallam, S. (2001). The development of expertise in young musicians: Strategy use, knowledge acquisition and individual diversity. *Music Education Research*, 3(1), 7-23. <https://doi.org/10.1080/14613800020029914>
- Hallam, S. y Bautista, A. (2018). Processes of instrumental learning: The development of musical expertise. In G.E. McPherson y G. Welch (Eds.), *The Oxford handbook of music education* (Vol. 3) (pp.108-125). Oxford University Press.
- Hamann, D.L., Lauver, J. y Asher, K. (2006). Perceived and actual tuning ability of middle school students. *Journal of String Research*, 3, 43-54.
- Hopkins, M. (2014). Pilot-testing of new software for measuring string players' instrument tuning skills. *Journal of Music, Technology & Education*, 7(1), 5-21. https://doi.org/10.1386/jmte.7.1.5_1
- Hopkins, M.T. (2015). Eighth-grade violinists' instrument tuning ability: A comparison of pitch perception and tuning accuracy. *Journal of Research in Music Education*, 63(3), 349-368. <https://doi.org/10.1177/0022429415597884>
- Hubbard, T.L. (2022). The Pythagorean comma and preference for a stretched octave. *Psychology of Music*, 50(2), 670-683. <https://doi.org/10.1177/03057356211008959>
- Kanno, M. (2003). Thoughts on how to play in tune: Pitch and intonation. *Contemporary Music Review*, 22(1), 35-52. <https://doi.org/10.1080/0749446032000134733>
- Kantorski, V.J. (1986). String instrument intonation in upper and lower registers: The effects of accompaniment. *Journal of Research in Music Education*, 34(3), 200-210. <https://doi.org/10.2307/3344749>
- Laux, C.C. (2015). *The effect of a tonic drone accompaniment on the pitch accuracy of scales played by beginner violin and viola students* (Doctoral dissertation). Available from ProQuest Dissertations and Theses Global database (UMI No. 3710248). <https://www.proquest.com/openview/>

- López-Calatayud, F. (2023). Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review. *Revista Electrónica de LEEME*, 51, 55-81. doi.org/10.7203/LEEME.25928
- Loh, C.S. (2007). Choice and effects of instrument sound in aural training. *Music Education Research*, 9(1), 129-143. <https://doi.org/10.1080/14613800601127619>
- Loosen, F. (1993). Intonation of solo violin performance with reference to equally tempered, pythagorean, and just intonations. *Acoustical Society of America*, 93(1), 525-539. <https://doi.org/10.1121/1.405632>
- Loosen, F. (1994). Tuning of diatonic scales by violinists, pianists, and nonmusicians. *Perception & Psychophysics*, 56(2), 221-226. <https://doi.org/10.3758/bf03213900>
- Loosen, F. (1995). The effect of musical experience on the conception of accurate tuning. *Music Perception*, 12(3), 291-306. <https://doi.org/10.2307/40286185>
- López-Calatayud, F., Macián-González, R. y Tejada, J. (2022). An Analysis-Synthesis of the Pedagogical Literature on Intonation in Initial Learning of Violin and Viola: Pitch Contents, Teaching Approaches, and Auxiliary Resources. *String Research Journal*. <https://doi.org/10.1177/19484992221121755>
- McPherson, G.E. (2005). From child to musician: Skill development during the beginning stages of learning an instrument. *Psychology of Music*, 33(1), 5-35. <https://doi.org/10.1177/0305735605048012>
- Micheyl, C., Delhommeau, K., Perrot, X. y Oxenham, A.J. (2006). Influence of musical and psychoacoustical training on pitch discrimination. *Hearing Research*, 219(1-2), 36-47. <https://doi.org/10.1016/j.heares.2006.05.004>
- Morrison, S.J. (2000). Effect of melodic context, tuning behaviors, and experience on the intonation accuracy of wind players. *Journal of Research in Music Education*, 48(1), 39-51. <https://doi.org/10.2307/3345455>
- Morrison, S.J. y Fyk, J. (2002). Intonation. In R. Parncutt y G. McPherson (Eds.) *The Science & Psychology of Music Performance: Creative Strategies for Teaching and Learning* (pp.182-197). Oxford University Press. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780195138108.003.0012>
- Nichols, B.E. y Springer, D.G. (2022). Interval identification predicts success in melodic dictation. *Journal of Research in Music Education*, 70(1), 109-126. <https://doi.org/10.1177/00224294211011962>
- Nickerson, J.F. (1949). Intonation of solo and ensemble performance of the same melody. *Journal of the Acoustical Society of America*, 21(6), 593-595. <https://doi.org/10.1121/1.1906555>
- Oliveira, A., Ribeiro, F.S., Ribeiro, L.M., McPherson, G. y Oliveira-Silva, P. (2021). Disentangling motivation within instrumental music learning: A systematic review. *Music Education Research*, 23(1), 105-122. <https://doi.org/10.1080/14613808.2020.1866517>
- Page, M.J., McKenzie, J.E., Bossuyt, P.M., Boutron, I., Hoffmann, T.C., Mulrow, C.D., Shamseer, L., Tetzlaff, J.M., Akl, E.A., Brennan, S.E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J.M., Hrobjartsson, A., Lalu, M.M., Li, T., Loder, E.W., Mayo-Wilson, E.,

- McDonald, S., ... y Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372(71). <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Papich, G. y Rainbow, E. (1974). A pilot study of performance practices of twentieth-century musicians. *Journal of Research in Music Education*, 22(1), 24-34. <https://doi.org/10.2307/3344615>
- Parker, O. (1983). Quantitative differences in frequency perceptions by violinists, pianists, and trombonist. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 76, 49-58. <https://www.jstor.org/stable/40317803>
- Powell, S.R. (2010). Wind instrument intonation: A research synthesis. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 184, 79-96. <https://www.jstor.org/stable/27861484>
- Rakowski, A. (1985). The perception of musical intervals by music students. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 85, 175-186. <http://www.jstor.org/stable/40317954>
- Rosner, B.S. (1999). Stretching and compression in the perception of musical intervals. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 17(1), 101-113. <https://www.jstor.org/>
- Russo, F.A. y Thompson, W.F. (2005a). An interval size illusion: The influence of timbre on the perceived size of melodic intervals. *Perception & Psychophysics*, 67(4), 559-568. <https://link.springer.com/article/10.3758/BF03193514>
- Russo, F.A. y Thompson, W.F. (2005b) The subjective size of melodic intervals over a two-octave range. *Psychonomic Bulletin & Review*, 12, 1068-1075. <https://doi.org/10.3758/BF03206445>
- Salzberg, R.S. (1980). The effects of visual stimulus and instruction on intonation accuracy of string instrumentalists. *Psychology of Music*, 8(2), 42-49. <https://doi.org/10.1177/030573568082005>
- Samplaski, A. (2005). Interval and interval class similarity: Results of a confusion study. *Psychomusicology*, 19, 59-74. <https://doi.org/10.1037/h0094040>
- Silvey, B. A., Nápoles, J. y Springer, D.G. (2019). Effects of pre-tuning vocalization behaviors on the tuning accuracy of college instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, 66(4), 392-407. <https://doi.org/10.1177/0022429418806304>
- Smith, C.M. (1995). Development of performance pitch accuracy of string students. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 124, 13-23. <https://www.jstor.org/stable/40318702>
- Sogin, D.W. (1989). An analysis of string instrumentalists' performed intonational adjustments within an ascending and descending pitch set. *Journal of Research in Music Education*, 37(2), 104-111. <https://doi.org/10.2307/3344702>

- López-Calatayud, F. (2023). Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review. *Revista Electrónica de LEEME*, 51, 55-81. doi.org/10.7203/LEEME.25928
- Sogin, D.W. (1997). An exploratory study on contingent verbal feedback for accuracy of intonation in musical performance. *Perceptual and Motor Skills*, 84, 217-218. <https://doi.org/10.2466/pms.1997.84.217>
- Sorenson, R.A. (2021). Error detection in music education: A review of literature. *Update: Applications of Research in Music Education*, 40(1), 54-62. <https://doi.org/10.1177/87551233211020989>
- Springer, D.G. y Silvey, B.A. (2018). The role of accompaniment quality in the evaluation of solo instrumental performance. *Journal of Research in Music Education*, 66(1), 92-110. <https://doi.org/10.1177/0022429418761044>
- Springer, D.G., Silvey, B.A., Nápoles, J. y Warnet, V. (2021). Effects of tonic drone accompaniments on the intonation of collegiate wind instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, 69(3), 343-359. <https://doi.org/10.1177/0022429420974389>
- Stambaugh, L.A. y Nichols, B.E. (2020). The relationships among interval identification, pitch error detection, and stimulus timbre by preservice teachers. *Journal of Research in Music Education*, 67(4), 465-480. <https://doi.org/10.1177/0022429419885931>
- Tejada, J., Murillo, A. y Mateu-Luján, B. (2022). The Initial teaching of intonation in the brass wind instruments and music reading in Spain. An exploratory study with music school teachers. *Revista Electrónica Complutense de Investigación en Educación Musical*, 19, 209-221. <https://dx.doi.org/10.5209/reciem.7796>
- Vurma, A. y Ross, J. (2006). Production and perception of musical intervals. *Music Perception*, 23(4), 331-344. <https://doi.org/10.1525/mp.2006.23.4.331>
- Vurma, A., Raju, M. y Kuuda, A. (2010). Does timbre affect pitch? Estimations by musicians and non-musicians. *Psychology of Music*, 39(3), 291-306. <https://doi.org/10.1177/0305735610373602>
- Wolf, A. y Kopiez, R. (2018). Development and validation of the Musical Ear Training Assessment (META). *Journal of Research in Music Education*, 66(1), 53-70. <https://doi.org/10.1177/0022429418754845>
- Wong, S.S.H., Chen, S. y Lim, S.W.H. (2021). Learning melodic musical intervals: To block or to interleave? *Psychology of Music*, 49(4), 1027-1046. <https://doi.org/10.1177/0305735620922595>
- Worthy, M.D. (2000). Effects of tone-quality conditions on perception and performance of pitch among selected wind instrumentalists. *Journal of Research in Music Education*, 48(3), 222-236. <https://doi.org/10.2307/3345395>
- Yarbrough, C. y Ballard, D.L. (1990). The effect of accidentals, scale degrees, direction, and performer opinions on intonation. *Update: Applications of Research in Music Education*, 8(2), 19-22. <https://doi.org/10.1177/875512339000800206>

López-Calatayud, F. (2023). Music perception, sound production, and their relationships in bowed string instrumentalists: A systematic review. *Revista Electrónica de LEEME*, 51, 55-81. doi.org/10.7203/LEEME.25928

Yarbrough, C., Karrick, B. y Morrison, S.J. (1995). Effect of knowledge of directional mistunings on the tuning accuracy of beginning and intermediate wind players. *Journal of Research in Music Education*, 43(3), 232-241. <https://doi.org/10.2307/3345638>

Yarbrough, C., Morrison, S.J. y Karrick, B. (1997). The effect of experience, private instruction, and knowledge of directional mistunings on the tuning performance and perception of high school wind players. *Bulletin of the Council for Research in Music Education*, 134, 31-42. <https://www.jstor.org/stable/40318878>

Zabanal, J.-R.A. (2019). Effects of short-term practice with a tonic drone accompaniment on middle and high school violin and viola intonation. *String Research Journal*, 9(1), 51-61. <https://doi.org/10.1177/1948499219851407>

Zabanal, J.-R.A. (2020). A survey of collegiate string musicians' use of drone accompaniment to improve intonation. *Update: Applications of Research in Music Education*, 38(2), 46-54. <https://doi.org/10.1177/8755123319861428>

Zatorre, R.J., Chen, J.L. y Penhune, V.B. (2007). When the brain plays music: Auditory–motor interactions in music perception and production. *Nature Reviews Neuroscience*, 8(7), 547. <https://doi.org/10.1038/nrn2152>

Material suplementario

Anexo A. Estudios examinados en esta revisión

Referencia	Participantes	Diseño	Procedimiento	Objetivos	Resultados clave	Rendimiento en cents
Alexander (2011)	HS ($N = 139$)	CS	MOA	Diferencia entre afinar ($A = 440\text{Hz}$) con el timbre de un violín y con el de un afinador electrónico	No hay diferencias significativas	NA
Brown and Vaughn (1996)	P ($N = 1$); GS ($N = 5$)	CS; CR	PR; PJ	Rendimiento en la producción sonora y en la percepción de sonidos con y sin <i>vibrato</i>	No hay diferencias significativas en el rendimiento perceptivo y productivo de sonidos con y sin <i>vibrato</i>	PR: ± 10 cents, PJ: 0-3 cents; con-sin <i>vibrato</i> : -0.5-4 cents
Fogarty, Buttsworth and Gearing (1996)	US ($N = 71$)	LG	PJ	Efecto de las clases en el rendimiento perceptivo	No hay diferencias significativas	NA
Geringer (2018)	P ($N = 8$)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación; Rendimiento en la producción de sonido	No hay una clara tendencia, pero hay una ligera tendencia hacia el sistema pitagórico Intra- e interpersonal desajustes	± 10 cents
Geringer and Allen (2004)	HS ($N = 20$); MM ($N = 20$)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonidos con y sin <i>vibrato</i>	Diferencias significativas entre los grupos de edad y la condición de <i>vibrato</i> y entre el instrumento y el dedo utilizado. Estudiantes más estables con que sin <i>vibrato</i>	MM y HS sin <i>vibrato</i> $\bar{x} + 3$ y $\bar{x} + 0.7$; 4º dedo violinistas +6.5 cents que otros, 2º y 3er dedo -3-6 cents
Geringer, Allen and MacLeod (2005)	HS ($N = 20$); MM ($N = 20$)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonidos con y sin <i>vibrato</i> . Rendimiento en la producción de	No hay diferencias significativas entre con y sin <i>vibrato</i> . Hay diferencias	De -2 a +10 cents

				sonidos con ligaduras	significativas en los sonidos con ligaduras	
Geringer, MacLeod and Allen (2010)	MM (N = 72)	CS	MOA	Rendimiento en la producción de sonidos con y sin <i>vibrato</i> y diferente timbre	No hay diferencias significativas	cello: +4.36 cents, violín: +5.33 cents
Geringer, MacLeod and Ellis (2013)	P (N = 4)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación; Rendimiento en la producción de sonido	Dos violinistas tienden al sistema pitagórico, otro entre el pitagórico y el temperamento igual y otro al temperamento igual. Diferencias en el rendimiento de la producción de sonido	De -17 a +26 cents
Geringer, MacLeod and Ellis (2014)	HS (N = 126); US (N = 126)	CS	PJ; MOA	Rendimiento en la producción de sonidos con y sin <i>vibrato</i>	Desajustes mínimos en la producción de sonido en registro agudo. Producción sonora más positiva y negativa cuando el desajuste es positivo o negativo. Sonidos sin desajustes son percibidos consistentemente	Registro agudo: -3 y +5 cents. Desajuste: con-sin <i>vibrato</i> en +15: +7.03 y +10.2. Desajuste -15: -13.4 y 10.5. Sin desajuste: -3.01 y +0.1
Geringer, MacLeod and Sasanfar (2012)	MS, HS (N = 71)	CS	PJ	Rendimiento perceptivo y productivo de sonidos con diferente timbre y desajuste progresivo	El timbre parece no afectar la percepción cuando los sonidos son estables, pero sí lo hace cuando hay desajustes	-10, -20, -30
Geringer and Witt (1985)	HS (N = 60); US (N = 60)	CS; CR	PJ; MOA	Relación entre percepción musical y producción de sonido	Mayor relación en universitarios y profesionales que en high school estudiantes Tendencia a ampliar el tono más que a comprimirlo	NA
Greene (1937)	P (N = 6)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación	Tendencia hacia el sistema pitagórico	NA

Hamann, Lauver and Asher (2006)	MS (N = 60)	CS	MOA	Efecto producido por diferentes timbres en el rendimiento en la producción de sonido	Tendencia a comprimir el tono de los sonidos (66%) y menor rendimiento en las frecuencias graves	Frecuencias graves: Contrabajo: $\bar{x} +25$; viola and cello: $\bar{x} +24$; and violín: $\bar{x} +21$; otras cuerdas: $\bar{x} +17$ cents
Hopkins (2014)	ES (N = 48); MS (N = 32); HS (N = 36); MM (N = 14)	CS	MOA	Rendimiento en la producción de sonido	Tendencia a comprimir el tono. Rendimiento mejora con el paso de nivel. Menor rendimiento en frecuencias graves	58% sonido comprimido y 42% ampliado. Desajustes de estudiantes en el último año de la escuela elemental: \bar{x} 25.9 y \bar{x} 36.6 cents; estudiantes de escuela media: \bar{x} 14.4 y \bar{x} 12.8 cents; estudiantes de high school: \bar{x} 18.7 y \bar{x} 15.5 cents; universitarios: \bar{x} 3.5 y \bar{x} 3.2 cents
Hopkins (2015)	MS (N = 46)	CS; CR	MOA; PJ	Relación entre percepción musical y producción de sonido	Relación moderada, mejor percepción que producción. Tendencia a comprimir el tono, especialmente en las frecuencias graves	Desajuste de hasta 5-8 cents
Kantorski (1986)	UG, GS, and other (N = 48)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonido de patrones musicales sin acompañamiento y diferente registro	Tendencia a comprimir el tono. Mayor desajuste en la dirección descendente. Menor desajuste con el acompañamiento a unísono.	Desajuste de hasta 70 cents. 18.2 cents Descendente y 8.8 cents ascend. Con acomp. al unísono +47.7; dos octavas:

						55.8; dos octavas más tercer: 63.2; de tercera: 68.5 cents
Loosen (1993)	P (N = 8)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación	No hay tendencia clara entre el pitagórico y el temperado Bajo rendimiento en registros agudos y en la dirección descendente	Pitagórico: 8.5; 9.8, temperamento igual: 9; 10.4, justo: 14.7; 14.2, Registro agudo: +10;16, Medio: +8; 15, Desc.: +9; 16, Asc.: +8; 14 cents
Loosen (1994)	P (N = 7)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación	No hay una clara tendencia entre el pitagórico y el temperado	Pitagórico: -3.5 Temperado: +4.8 cents
Loosen (1995)	P (N = 7)	CS	PJ	Tendencia hacia algún sistema de afinación	No hay una clara tendencia, pero los instrumentista parece que prefieren el pitagórico al temperado o justo	NA
Nickerson (1949)	EP (N = 24)	CS	PR	Tendencia hacia algún sistema de afinación	Tendencia por el sistema pitagórico	NA
Papich and Rainbow (1974)	US (N = 13)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonido	Tendencia a ampliar el tono cuando se cambia hacia un tono agudo. Individualmente más amplio que en ensemble	NA
Parker (1983)	US (N = 15)	CS	PJ	Rendimiento en la discriminación de tono	Dos sonidos se distinguen con un desajuste determinado	20 cents
Rosner (1999)	EP (N = 6)	CS	PJ	Rendimiento en percepción musical	Los intervalos largos se comprimen, los intervalos medios se amplían en bajas. frecuencias y se comprimen	NA

Salzberg (1980)	MM (N = 50)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonido con y sin retroalimentación	en las altas, los pequeños se comprimen en las frecuencias extremas La retroalimentación verbal es más efectiva. El rendimiento en la producción de sonido de una melodía es mejor que en una escala, arpeggio o dobles cuerdas.	Retroalimentación verbal: 23.60; instrucción con grabación: 29.28; con un modelo: 38.49; práctica libre: 25.58 cents. Melodías: 26.32; escala: 27.68; arpeggio: 31.45; dobles cuerdas 30.02 cents
Smith (1995)	MS (N = 80)	CS	PR	Efecto de un software de entrenamiento en el rendimiento de la producción sonora	Mejoras significativas en aquellos que practicaron con el software	NA
Sogin (1989)	UG, GS, P (N = 48)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonido con y sin <i>vibrato</i>	Tendencia a ampliar el tono, especialmente al final de los sonidos. No hay diferencias entre sonidos con y sin <i>vibrato</i>	4-6 cents. Final de cada sonido: Eb: $\bar{x} + 7.1$; F: $\bar{x} + 9.9$; G#: $\bar{x} + 1.6$; A#: $\bar{x} + 3.1$ cents, principio de cada sonido: Eb: $\bar{x} + 2.4$; F: $\bar{x} + 4.3$ cents; G#: $\bar{x} - 0.8$; A#: $\bar{x} - 1.9$ cents, con <i>vibrato</i> : $\bar{x} + 5.5$ sin <i>vibrato</i> $\bar{x} + 4.1$
Sogin (1997)	BS (N = 8)	CS	PR	Efecto de la retroalimentación en el rendimiento de la producción de sonido	Mejor rendimiento conociendo el dedo en lugar del nombre del sonido	Desajuste: 1er dedo ($\bar{x} + .31$, SD=27.8), 2º ($\bar{x} + 18.6$, SD=46.0), 3º ($\bar{x} + 10.3$, SD=32.1) y 4º (\bar{x})

						+3.1, SD =40.2)
Yarbrough y Ballard (1990)	GS (N = 17); UG (N = 22)	CS	PR	Rendimiento en la producción de sonido	Tendencia a ampliar el tono. No hay diferencia entre la dirección ascendente y la descendente	NA
Zabanal (2019)	MS, HS (N = 28)	CS	PR	Efecto del acompañamiento en el rendimiento de la producción de sonido	Tendencia a ampliar el tono. No hay diferencia entre con y sin acompañamiento	13-14 años: \bar{x} +15.23; 15 años: \bar{x} +9.15; 16-17 años: \bar{x} +11.76, acompañamiento: uso 13-14 años: \bar{x} +15.94; 15 años: \bar{x} + 8.83; 16-17 años \bar{x} +11.23; sin acomp.: 13-14 años: \bar{x} +16.01; 15 años: \bar{x} +8.08; 16-17 años: \bar{x} +11.35 cents

BS: Beginning students (estudiantes iniciados). **ES:** Elementary students (estudiantes de Elemental). **MS:** Middle School (estudiantes de Secundaria). **HS:** High School (estudiantes de Bachillerato). **US:** University students (universitarios). **GS:** Graduated Students (graduados). **MM:** Music Majors (universitarios). **UG:** Undergraduated (licenciados). **EP:** Experienced players (instrumentistas experimentados). **CS:** Cross sectional (transversal). **CR:** Correlational (correlacional). **LG:** Longitudinal (longitudinal). **MOA:** Method of adjustment (Método de ajuste). **PR:** Production (Producción). **PJ:** Perceptual judgement (Juicio perceptivo)