

**Título**

La voz: potenciando el aprendizaje musical con retorno visual en tiempo real

**Title**

The voice: promoting music learning with real-time feedback

**Identificación del autor**

<https://orcid.org/0000-0001-5560-7406>

**Nombre**

Filipa

**Apellidos**

Martins Baptista Lã

**Institución superior**

Universidad Nacional de Educación a Distancia (UNED)

**País**

España

**Correo electrónico**

[filipa.la@edu.uned.es](mailto:filipa.la@edu.uned.es)

**Dirección postal**

Calle de Juan del Rosal, 14, 28040 Madrid, España

## **Resumen**

Tocar un instrumento musical mejora los resultados del aprendizaje de los niños en varios niveles más que cualquier otra actividad extracurricular. La mayor neuroplasticidad que la práctica instrumental promueve se refleja en una mayor capacidad de reorganización cerebral, fundamental en todos los tipos de aprendizaje. Estos beneficios se extienden también al aprendizaje del canto que, además, mejora la salud física y mental, lo que supone repercusiones sociales y para la salud pública.

Así mismo, tocar un instrumento musical y cantar son consideradas actividades extracurriculares, particularmente en los sistemas educativos en el sur de Europa. No obstante, no todos los alumnos pueden beneficiarse de ellas, ya que su realización depende de los recursos físicos y financieros de las escuelas. Basado en un análisis de la bibliografía existente, este trabajo propone un modelo de enseñanza - aprendizaje de la música a través de la introducción de clases de canto, individuales y en grupo. De hecho, la voz es un instrumento musical disponible para todos, independiente de la edad y condición socioeconómica. Se propone la inclusión de información de retorno como recurso de enseñanza – aprendizaje, usando las tecnologías como recurso de aprendizaje y siguiendo un modelo centrado en la relación profesor-alumno. Por un lado, porque la información de retorno es más eficaz en el aprendizaje de actividades de coordinación neuromotora y, por otro, porque un modelo centrado en la relación profesor-alumno se basa en la congruencia, el retorno positivo y la empatía, para la promoción de una consciencia guiada sobre el proceso de aprendizaje y, consecuentemente, conseguir un aumento de los niveles superiores de metacognición y autorregulación. El canto en las escuelas podrá también contribuir a la implementación de una enseñanza más integrada, promoviendo la coordinación de contenidos de diferentes asignaturas, con impacto en la integración y cohesión social de todos los intervinientes.

## **Summary**

To play a musical instrument enhances the learning outcomes of children at several levels, more than any other extracurricular activities. The greater neuroplasticity associated with playing an instrument is reflected in a superior ability of cerebral cortex reorganization, a feature of great importance for all types of learning. These benefits are also extended to the learning of singing. Moreover, singing has benefits in individual physical and mental health, with impacts in the society and public

health. Despite these proven benefits, learning to play an instrument and to sing are considered extracurricular activities, particularly in south European educational systems. Thus, not all students can benefit from them, as their availability in a school depends on financial and physical resources. Based on a literature review, this work proposes a teaching-learning model of music based on learning how to sing, in individual and group lessons. In fact, the voice is an accessible musical instrument to all, independently of age and socio-economic status. The inclusion of knowledge results as a form of feedback using technology in the singing lesson is projected. On the one hand, knowledge results is a more effective feedback when learning activities that require the development of neuro-motor abilities. On the other hand, because a model centred in the teacher-student relationship is based in congruence, in positive feedback and in empathy and consequently, to higher levels of metacognition and self-appraisal. The inclusion of singing lessons in schools can also contribute to an integrated learning system, promoting the coordination of interdisciplinary knowledge, and with an impact in social cohesion and integration of all who intervene in education.

## **Antecedentes teóricos**

### *Importancia del aprendizaje de un instrumento musical*

Desde los años 80 la psicología de la música viene a desvelar la importancia del aprendizaje musical para el desarrollo cognitivo y social de los niños. Los niños que aprenden a tocar un instrumento musical mejoran los resultados del aprendizaje en general (Morrison, 1994). Para comprender cómo la práctica musical puede influir de forma tan positiva en el desarrollo de los niños, se revisa primero el proceso del aprendizaje en el cerebro, y después las modificaciones que ahí ocurren como consecuencia de una práctica musical deliberada y continuada.

Actualmente se sabe que cuando aprendemos, ocurren modificaciones en el crecimiento de los axones y de las dendritas que constituyen el córtex cerebral, con un aumento del número de sinapsis que conectan los más de 100 billones de neuronas que interactúan en el procesamiento de la información en el cerebro. Con la continuación del aprendizaje y de la repetición de las actividades a aprender, ocurre un aumento en las fibras de mielina que aíslan el axón y que permiten una conexión más rápida, eficaz y duradera entre neuronas. Al final, una especie de poda, en que las sinapsis que no son necesarias se eliminan, permitirá una comunicación óptima entre las neuronas que procesan la información necesaria para el desarrollo de la actividad aprendida. Estos procesos combinados y repetidos a lo largo de los años permiten que el córtex cerebral se reajuste en respuesta a los estímulos del aprendizaje (Hallam, 2010). Esta reorganización es conocida como **neuroplasticidad**. Más concretamente, la neuroplasticidad se define en como las modificaciones funcionales en el procesamiento de información en el cerebro que, tras recorridos años, se vuelven permanentes.

Los beneficios del aprendizaje musical se correlacionan con esta neuroplasticidad, ya que la práctica deliberada de un instrumento musical estimula todas las áreas del córtex cerebral (Levitin & Tirovolas, 2009) y, por eso, la neuroplasticidad es mayor en niños que aprenden un instrumento musical y además lo aprenden desde muy pequeños.

De hecho, cuando se toca un instrumento musical, se activan: 1. el córtex auditivo, donde el procesamiento de la melodía ocurre; 2. el córtex visual, donde se visualiza la partitura; 3. el lóbulo parietal, responsable de la distribución espacial; 4. el córtex motor, responsable del control del movimiento; 5. el córtex pre-motor, donde la precisión de movimientos finos es procesada; 6. el lóbulo frontal, donde se planifican y coordinan todas las acciones; y 7. el cerebelo, parte cerebral donde ocurre la coordinación de movimientos y respuestas emocionales a la música (Münste, Altenmüller & Jäncke,

2002). Esta activación concomitante a diferentes partes del córtex cerebral tiene una consecuencia directa en la reorganización cerebral, justificando las diferencias encontradas entre el cerebro de los músicos y el de los que tienen otras profesiones. Por ejemplo, en los músicos el córtex motor es mayor y más simétrico (Shlaug et al., 1995; Lee, Chen & Slaug, 2003); hay un mayor porcentaje de volumen de materia gris Shlaug et al., 1995); los córtex visual y auditivo son mayores (Shlaug et al., 1995; Lee, Chen & Slaug, 2003; Liang et al., 2016); la capacidad de discriminación de diferentes frecuencias es mayor (capaces de distinguir diferencias tan pequeñas como 100 cents (1 semitono) (Zarate et al., 2012); y la capacidad para percibir el habla en ambientes ruidosos está más depurada (*cocktail effect*).

Estas diferencias son más marcadas en músicos que poseen más años de práctica instrumental (Swaminatyhan et al., 2015; Meha-Bettison et al., 2017), ya que la reorganización cerebral es un proceso que requiere tiempo. Así se comprende que la neuroplasticidad sea mayor cuanto más temprano se inicia el aprendizaje musical. Por ejemplo, la estructura funcional del córtex es mayor en músicos que aprendieron a tocar su instrumento antes de los 7 años comparativamente a los que han aprendido un instrumento después de esta edad (Shlaug et al., 1995). También músicos con más años de experiencia musical poseen mayor capacidad de distinción de tonos en la escala musical (Hallam, 2010). El grado de especialización cerebral no depende solamente de la práctica musical y del tiempo de aprendizaje, pero también del tipo de actividad aprendida y de cómo es aprendida (Gaser & Schlaug, 2003). El cerebro se reorganiza de forma específica, teniendo en cuenta las exigencias de procesamiento de la información de cada actividad. De hecho, existen representaciones neuronales específicas de los músicos y de su instrumento musical: 1. la representación somato sensorial de los dedos es mayor en violinistas que en los no músicos (Pantev et al., 2003); los violinistas se vuelven especialistas en identificación de la frecuencia de los sonidos, mientras que los percusionistas son especialistas en identificación y organización temporal de secuencias musicales; los maestros se vuelven especialistas en la identificación de la distribución espacial de los sonidos (Münste et al., 2003); y los cantantes se especializan en la propiocepción y en el control kinestésico (Kleber et al., 2010).

De lo descrito se concluye que la práctica deliberada de un instrumento musical durante años cambia permanentemente la estructura funcional del cerebro, estos cambios influyen en lo que aprendemos, cómo lo aprendemos y cómo transferimos las capacidades aprendidas a otras actividades (ej. adquisición del lenguaje, lectura y

escritura) (Hallam, 2010). La transferencia (capacidad de trasladar lo que se ha aprendido en un contexto a otro contexto) depende de las semejanzas/ diferencias entre formas de procesamiento comunes entre las actividades (Thorndike, 1913). Las capacidades musicales que más fácilmente se transfieren a otros dominios son las relacionadas con (Schellenberg, 2004): 1. el procesamiento del sonido a niveles temporal, tonal y estructural; 2. la concepción de relaciones entre sonido y material escrito; 3. el control neuromotor fino; 4. el procesamiento de emociones; y 5. la memorización de grandes cantidades de información. Así, se ha demostrado que el aprendizaje de un instrumento musical mejora: 1. las capacidades de adquisición del lenguaje (Flohr, Miller & deBeus, 2000; Musacchia, Sams, Skoe & Kraus, 2007; Hallam, 2010) y de lectura (Chan et al., 1998; Butzlaff, 2000; Overy, 2003; Jakobson et al., 2003; Ho, Cheung & Chan, 2003; Hallam, 2010); 2. el desarrollo de la inteligencia emocional (Resnicow, Salovey & Repp, 2004); 3. el cálculo matemático (Cheek & Smith, 1999; Shaw, 2000; Whitehead, 2001); 3. el perfeccionamiento intelectual; y 4. la creatividad (Cheek & Smith, 1999; Whitehead, 2001; Koutsoupidou & Hargreaves, 2009).

Conocidos los beneficios del aprendizaje de un instrumento musical, la cuestión que ahora se aborda es cómo se podrá, por tanto, facilitar el aprendizaje de un instrumento a todos los niños. Como la voz es el instrumento musical más accesible a todos, de todas las edades y condiciones socioeconómicas, independiente del nivel de entrenamiento musical (Welch et al., 2008), este trabajo se propone demostrar, por un lado, la importancia de la voz en cuanto instrumento promotor del aprendizaje musical y, por otro lado, los tipos de herramientas de enseñanza que podrán estimular el aprendizaje del canto, en contextos de aprendizaje individual y de grupo.

#### *La voz: el primer instrumento musical*

El primer recurso musical utilizado por los niños es la voz. Desde tan temprano como los 2 meses se pueden distinguir elementos musicales en vocalizaciones en niños que han sido estimulados musicalmente durante los últimos 3 a 4 meses de gestación. (Tafari & Villa, 2002). De hecho, entre los 0 e 4 meses, los niños descubren el mundo a través de la voz, con producciones de vocales y consonantes. En estas edades, los niños comunican imitando a los sonidos de otras personas como medio de interacción conjunta con expresiones faciales y produciendo vocalizaciones cuando están solos, como ejercicio sensorial interno (Ibid.). De los 4 a los 6 meses, estos sonidos se transforman en sílabas. En estos balbuceos se pueden reconocer frases musicales y, entre los 6 e 9 meses, ya se distinguen intervalos musicales (Tafari, 2008). Entre los 12

y 24 meses, los niños empiezan a cantar pequeñas melodías, observándose regularidad rítmica e intervalos en los sonidos producidos. Después de los 24 meses, los niños desarrollan su creatividad con canciones improvisadas y el canto asume funciones sociales (con frases melódicas y con una estructura rítmica asociada a la construcción silábica de las palabras) y personales (sin palabras y asociadas al uso de objetos), ambas importantes para el desarrollo de la inteligencia intrapersonal e interpersonal, respectivamente (Ibid.).

Para niños y jóvenes, la naturaleza creativa del canto potencia la participación en clases de música más que cualquier otra actividad (Jaffrey, 2012). Se estima que el 84% de los jóvenes señalan el canto como beneficioso para su salud (Clift et al., 2006) a varios niveles: función pulmonar, humor, reducción del estrés y postura corporal. Los adultos también se benefician de la práctica vocal, ya que el sistema inmunitario se mejora con la práctica vocal regular en coro (Clift et al. 2011; Clift, 2012; Beck et al., 2006; Kreutz et al, 2004). De hecho, se ha verificado un aumento en la secreción del anticuerpo inmunoglobulina en miembros de un coro después de los ensayos (Beck et al., 2006; Kreutz et al., 2004). La participación en actividades cantadas contribuye a la disminución de la tensión física, con mejoras en la salud física (Grape et al., 2003; Kreutz et al., 2004). El canto aumenta los resultados de la terapia del habla (Stemple et al., 1994), principalmente en casos de afasia comparativamente a otras estrategias de terapia (Norton et al., 2009). Además, la participación en actividades cantadas constituye una herramienta terapéutica (Mellor, 2013) y de cohesión social (Stacy, Brittain & Kerr, 2002), constituyendo por eso un recurso para la salud pública (Clift et al., 2006; Clift, 2012) y para la salud mental e inclusión social (Greaves & Farbus, 2006; Clift & Morrison, 2011). Se concluye entonces que la enseñanza del canto no debe solamente quedar confinada a la infancia y preadolescencia, sino que además debe constituir parte integrante de la formación a lo largo de la vida. El canto, por ser un instrumento cuya práctica musical prescinde de una gran inversión económica, constituiría sin duda una forma económicamente sostenible para promover los beneficios asociados al aprendizaje de un instrumento musical, a lo largo de todas las fases del desarrollo humano.

Comprendidas las razones para invertir en la enseñanza del canto, la cuestión será cómo promover este aprendizaje. La siguiente parte de este trabajo presenta algunas herramientas de enseñanza del canto que potencian su aprendizaje en contextos de clases individuales y de grupo. Comienza el apartado por racionalizar los cambios en el



paradigma de la enseñanza del canto y después se continúa con los nuevos abordajes a su enseñanza.

### **Cambios en el paradigma de la enseñanza del canto**

La voz es un instrumento musical que no se ve, solo se escucha. De hecho, todas las partes que constituyen el instrumento musical, esto es, los pulmones (productores del flujo de aire), la laringe (con los pliegues vocales que, al cortar el flujo de aire que proviene de los pulmones, generan una fuente sonora primaria), y el tracto vocal (que propaga y modifica esa fuente sonora primaria), no están visibles al profesor de música o al alumno. Al contrario que otro instrumento musical, en el que, por ejemplo, el profesor monitoriza la forma cómo el alumno coloca las manos (en el teclado del piano, por ejemplo), el profesor de voz no puede ver cómo los pliegues vocales del alumno están vibrando o cómo la lengua se está articulando. De igual forma, al contrario que otro instrumento musical que ya tiene su forma y propiedades acústicas predefinidas de fábrica, la voz es un instrumento musical que se va amoldando a la forma en qué se usa y a las condiciones mentales y físicas de quien la usa. Estas particularidades plantean algunas dificultades al profesor y al alumno durante el aprendizaje de las habilidades motoras requeridas para la utilización de la voz como instrumento musical. Por un lado, la voz tendrá primero ser modelada en cuanto instrumento musical, objetivando propósitos estéticos en la comunicación de emociones. Este proceso de “modelaje” del instrumento, por otro lado, se dificulta debido a la naturaleza subjetiva de evaluación de la calidad de las vocalizaciones o de su impacto en el oyente. El retorno del profesor de cómo ha sido producido el sonido y de cómo este tendrá que ser modificado para ser mejorado deberá por ello ser lo más objetivo y directo posible, de forma que facilite un proceso de aprendizaje basado en la repetición. En otras palabras, si en el momento en que el profesor evalúa formativamente al alumno, los interlocutores (profesor y alumno) no tienen un vocabulario común de comunicación, directo y objetivo, el modelo de comunicación se encontrará limitado en cuanto a la comprensión del contenido de esa evaluación (Welch et al., 2005).

Estas dificultades están de hecho muchas veces presentes en clases de canto, ya que la evaluación de la calidad de una vocalización es por naturaleza subjetiva y depende de juicios estéticos. Por estos motivos, se recurre tanto a un modelo sonoro, normalmente el del profesor, como base de comparación a la que el alumno debe aspirar. Este modelo de maestro y aprendiz, con el cual se inició la enseñanza del canto, en el que hay un ejemplo sonoro que es imitado por ensayo y error, modelo de maestro

– aprendiz, sería suficiente cuando la oralidad y la imitación eran las únicas herramientas de aprendizaje. Sin embargo, el paradigma de la educación vocal ha cambiado. Por un lado, buenos cantantes no son necesariamente buenos profesores. Por otro lado, el mercado de trabajo busca un “producto artístico” único, de forma que se espera que un cantante sea más que un mero intérprete (Lennon & Reed, 2012). Las expectativas que los alumnos tienen relativas a un profesor de canto también han cambiado. Actualmente los alumnos buscan a un profesor de canto que esté bien informado sobre un punto de vista de fisiología y acústica vocales, de forma que base sus prácticas en la evidencia, utilizando herramientas pedagógicas contemporáneas que promuevan el compartir y la discusión de información (Callaghan, 1998). Tal como ha ocurrido en otras áreas del conocimiento, el foco del discurso pedagógico se ha desplazado del profesor al alumno, y de un producto artístico final (*performance*) hacia el proceso para llegar a ese producto (aprendizaje y entrenamiento). El énfasis en el discurso pedagógico ahora recae sobre la importancia de promover la independencia, la autocorrección y la autoevaluación en el estudiante, ya que estas prácticas educativas son promotoras de elevados niveles de metacognición, factor distintivo entre estudiantes de música y músicos profesionales (Hallam, 2006). Así mismo, se recurren a otros modelos de enseñanza, como el aprendizaje y evaluación por pares y modelos de resolución de problemas (Lennon & Reeds, 2012). Estos modelos son ahora también más fáciles implementar en la enseñanza del canto, pues con el desarrollo tecnológico de los últimos años, se pueden visualizar diferentes partes del instrumento musical, más allá que la laringoscopia de Manuel García (1884).

Hoy son conocidos procesos fisiológicos y acústicos de la voz cantada (Sundberg, 1987; Titze, 2000), que se desconocían en el siglo XIX (Stark, 2003). De este modo, las competencias de un profesor de canto (y también de instrumento musical) van mas allá de ser un artista y modelo, incluyendo organizador, comunicador y pedagogo, facilitador del aprendizaje, un educador reflexivo y un colaborador en actividades escolares (Lennon & Reed, 2012). Los desarrollos tecnológicos de los últimos años han repercutido en los modelos de enseñanza del canto, que ahora se adaptan cada vez más a formas de proveer al alumno un retorno evaluativo más objetivo, recurriendo a estímulos de aprendizaje que utilizan concomitantemente *feedback* auditivo, kinestésico, intelectual y visual para enseñar a cantar (McCoy, 2004). De esta forma se potencian las idiosincrasias del aprendizaje y de la progresión del alumno en la curva del aprendizaje hacia el estadio de autonomía. Esto se aplica tanto en clases individuales como de grupo.

### ***Knowledge Results* - Información de retorno y sus herramientas en la enseñanza del canto**

Si en el modelo inicial del aprendizaje musical de maestro – aprendiz, las herramientas de enseñanza estaban confinadas a la imitación de un modelo vocal y a la comunicación verbal y no verbal, utilizando gestos y metáforas, ahora las herramientas de enseñanza son más variadas y no hay límite en la creatividad para facilitar el papel que el profesor puede asumir, de ser mediador y facilitador en vez de modelo. Este papel de tutor es preponderante a la evolución de la pedagogía musical (Gaunt et al., 2012).

De hecho, no solamente la calidad del retorno que el profesor ofrece al alumno es importante, sino también se vuelve crítico con la calidad del aprendizaje, la forma y el momento en que ese retorno es dado. Esto es particularmente importante en el aprendizaje de tareas motoras, como es el caso del aprendizaje de un instrumento musical o del canto (Lã, 2017). Así, actualmente se utilizan en la enseñanza del canto, herramientas que permiten proporcionar datos relevantes sobre la acción que se ha realizado, el valor establecido como objetivo final y el valor de la acción realizada. Para poder promover al alumno un *feedback* verbal sobre el resultado sonoro, en función de su objetivo, se utilizan: 1. modelos anatómicos y gráficos (ej. gráfico de vocales) (Coffin, 1980); 2. herramientas de consciencia somática y re-educación (Chapman, 2006); 3. herramientas de semi-oclusión del tracto vocal (ej. *flow ball*) (Lã et al., 2017); y 4. tecnologías de visualización en tiempo-real de la voz (ej. espectrografía y laringografía) (Lã, 2012). Estas herramientas posibilitan un *feedback* provisto de significado, ya que a una determinada calidad sonora se asocia otro estímulo, ya sea visual, intelectual o kinestésico, estímulos estos que constituyen una formación evaluativa instantánea, relevante, orientada a la acción y basada en la evidencia. En otras palabras, formación con conocimiento de resultados (*knowledge of results*, KR), o **Información de retorno** (Welch et al., 2005). Este tipo de información es relevante en la adquisición de habilidades motoras como las involucradas en el canto, ya que se reduce la incertidumbre del alumno respecto a las sensaciones de su acción o al resultado alcanzado (Mauri & Barberà, 2007). El estudiante recibe *feedback* cuantitativo al mismo tiempo que canta, evitando puntos críticos en el modelo de enseñanza – aprendizaje, resultantes del tiempo de espera entre la acción y la respuesta, o transcurridos de interpretaciones erróneas del mensaje verbal utilizado, porque se promueven respuestas subsecuentes inmediatas (Howard, 2004; Welch et al., 2005). Por otro lado,

el número de repeticiones que son necesarias para que alumno adquiriera los gestos internos necesarios al canto se reducen con este tipo de *feedback* (Welch et al., 2005).

La cuestión que ahora se aborda es qué tipo de herramientas de enseñanza podrán promover *información de retorno* a un alumno de canto. Se ha demostrado que herramientas de *feedback* visual en tiempo real son una excelente opción, ya que cuando se utilizan conjuntamente con el *feedback* verbal del profesor, se obtienen respuestas motoras correctas mas rápidamente y de forma mas duradera que si se usara el *feedback* verbal aisladamente (Howard, 2004; Welch et al., 2005). Un ejemplo de ese tipo de herramientas es la **espectrografía**. En clases individuales de canto ofrece beneficios en la corrección de la afinación, en la expresividad musical, y en la promoción de la atención. Además, con la presencia de una representación visual del timbre vocal, se establece una terminología común entre profesor y alumno en la interpretación del sonido, confirmando la percepción auditiva del profesor de cómo ese sonido ha sido producido. En clases de coro, la espectrografía contribuye a la mejora de la afinación (Jers & Ternström, 2005).

### **Tecnologías de *feedback* en tiempo-real en la enseñanza del canto**

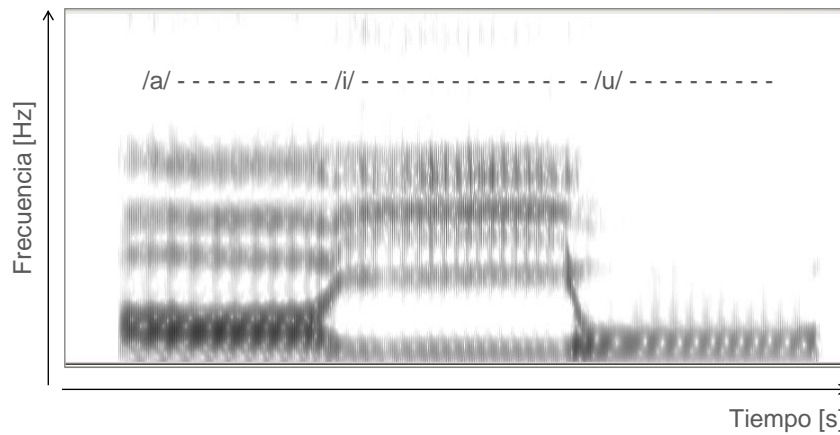
La espectrografía fue introducida en la enseñanza de la voz por Willam Vennard (1909-1971). Su incorporación como herramienta de enseñanza se relaciona con el hecho de que permite complementar la evaluación de la calidad de un sonido en cuanto realidad no solamente auditiva, sino también visual. Un espectrograma permite la representación gráfica de características físicas del sonido que son perceptualmente relevantes a una evaluación objetiva, y complementarias a una evaluación subjetiva: frecuencia, intensidad, organización de las frecuencias e intensidades de cada parcial armónico; y tiempo (Tabla 1).

**Tabla 1.** Características físicas del sonido perceptualmente relevantes.

	<b>EVALUACIÓN OBJETIVA</b>	<b>EVALUACIÓN SUBJETIVA</b>
<b>PARAMETROS VOCALES</b>	Frecuencia	Afinación
	Intensidad	Volumen
	Espectro	Timbre
	Tiempo	Ritmo

Estas características pueden ser representadas gráficamente, en forma de espectrograma. El aire pulsado resultante de la vibración de los pliegues vocales produce un conjunto de frecuencias simultaneas con diferentes intensidades que interactúan con las resonancias del tracto vocal. En un espectrograma (Figura 1) estas

frecuencias se encuentran verticalmente representadas y sus intensidades representadas con una escala de colores o de gradientes de negro (más color o más negro representa más intensidad), a lo largo del tiempo, que es representado horizontalmente.



**Figura 1.** Espectrograma de banda ancha de las vocales /a, i, u/, creado por el software libre *WaveSurfer*.

Diferentes softwares pueden ser utilizados para hacer estas representaciones graficas en tiempo-real. Por ejemplo, entre los que son libres, se pueden encontrar *Wavesurfer*<sup>1</sup> y *RTSect*<sup>2</sup>. Ejemplos de softwares de pago incluyen *VoceVista*<sup>3</sup>, *Overtone Analyzer*<sup>4</sup> y *Sing&See*<sup>5</sup>. Con estos softwares se pueden representar diferentes aspectos físicos del sonido de diferentes formas, apenas cambiando la resolución del ancho de banda.

Si este ancho es estrecho, se pueden visualizar detalles de los primeros parciales armónicos de la voz. De particular interés a la voz son los tres primeros: H1, H3 y H3. Estos representan la claridad de las vocales y pueden dar información sobre el tipo de fonación usada, más específicamente si esta es apretada, la intensidad de la H1 va a ser muy reducida. A esta opción se llama *espectro de potencia* (Figura 2), en el cual se representa la amplitud de la fundamental y sus parciales en el eje vertical y su frecuencia en el eje horizontal. Así, estos componentes del sonido pueden ser observados individualmente durante algunos milisegundos.

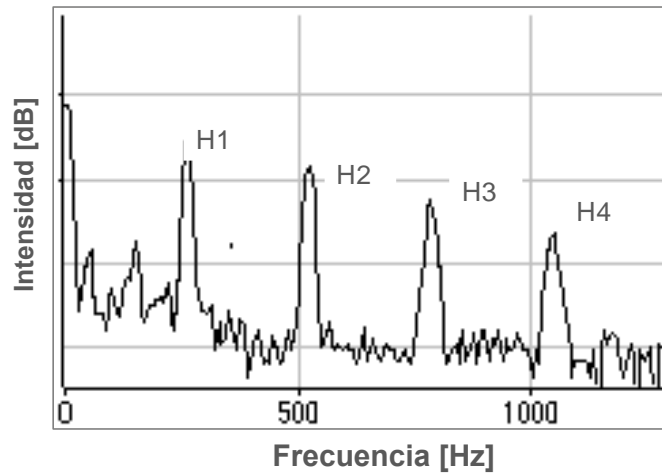
<sup>1</sup> <https://sourceforge.net/projects/wavesurfer/>

<sup>2</sup> <http://www.tolvan.com/index.php?page=/rtssect/rtssect.php>

<sup>3</sup> <http://www.vocevista.com/>

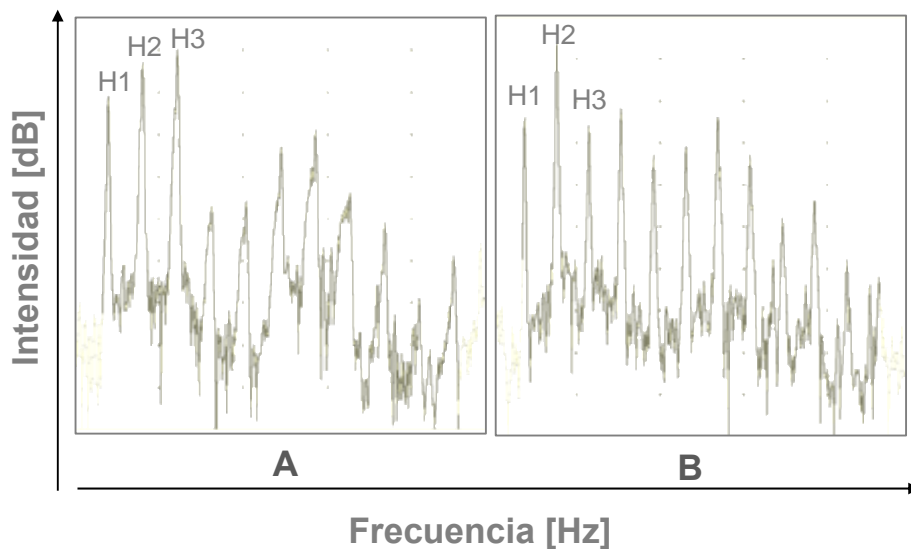
<sup>4</sup> <https://www.sygyt.com/en/>

<sup>5</sup> <https://www.singandsee.com/get-singandsee>



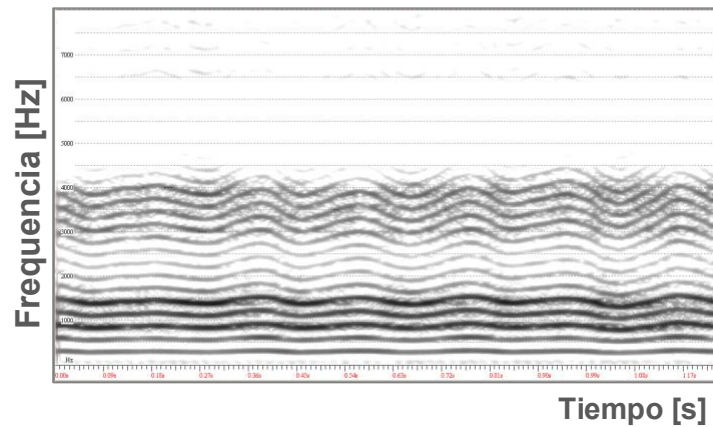
**Figura 2.** Espectro de potencia, representando los 4 primeros parciales armónicos individualmente en un único momento en el tiempo, usando el software libre *RTSect*.

Este tipo de representación es particularmente útil, por ejemplo, en la representación de estrategias de resonancia utilizadas en diferentes estilos musicales. La figura 3-A ilustra cómo en el canto clásico la estrategia utilizada por voces masculinas para poder cantar notas agudas, sin ser en registro de cabeza (falsete), es modificar la vocal usada de forma que se consiga más intensidad en el tercer armónico relativamente al segundo y al primero; en cuanto que en el teatro musical, la estrategia es usar una calidad tímbrica más estridente, en la que el parcial armónico con más intensidad es el segundo parcial (Figura 3-B).



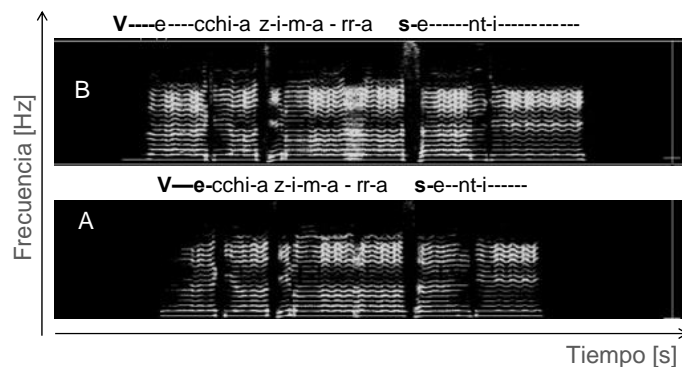
**Figura 3.** Espectro de potencia, representando los 3 primeros parciales armónicos, usando una estrategia de resonancia adecuada al canto clásico (A) y al canto de teatro musical (B). El espectrograma fue obtenido con el software *VoceVista*.

Otra opción es escoger una banda estrecha de análisis, de forma que se representen todos los parciales armónicos de la voz. A este tipo de representación se llama *espectrograma de banda estrecha*, porque divide la frecuencia del espectro en segmentos muy pequeños (Figura 4).



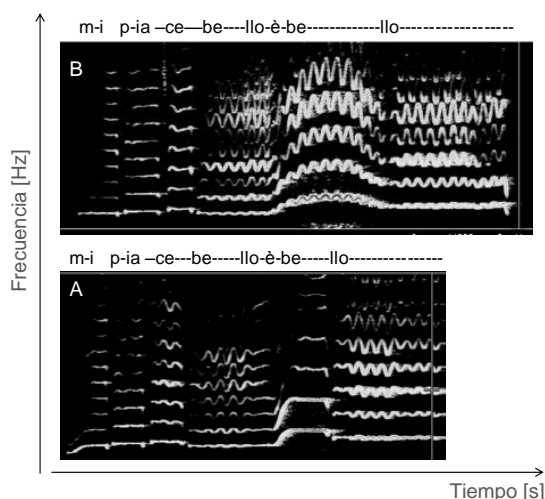
**Figura 4.** Espectrograma de banda estrecha, representando todos parciales armónicos de la voz hasta 5 kHz, usando el software libre *WaveSurfer*.

Este tipo de representación visual permite la observación de aspectos relacionados con la inteligibilidad del texto. Las consonantes son muy importantes para que el texto sea inteligible, y estas son representadas en un espectrograma como momentos en los que el espectro de las vocales se interrumpe. Por eso, en vez de parciales armónicos individuales, o existe un solo parcial armónico (para el caso de consonantes sonoras), o espacios en blanco en el espectro (para el caso de consonantes sordas), o incluso ruido concentrado en diferentes frecuencias (para el caso de consonantes sibilantes y oclusivas). Por ejemplo, se puede observar en la Figura 5-B como las consonantes se pronuncian de forma más nítida comparativamente con el espectro de la Figura 5-A, correspondiendo a antes y después de que el alumno haya observado su voz en un espectrograma. Con el retorno visual inmediato de su voz, el alumno se ha dado cuenta de cómo debería exagerar más las consonantes, de forma que estas se volvieran más visibles. Si las consonantes no están visibles en un espectrograma, tampoco serán audibles en un teatro.



**Figura 5.** Espectrograma de banda estrecha del software *VoceVista*, representando un extracto del aria *Vecchia zimarra, sentí* de la opera de Puccini, *La Bohème*, antes (A) y después (B) de que el cantante comprendiera que la inteligibilidad de sus consonantes era muy pobre.

La extensión y frecuencia del vibrato y la afinación son otros de los aspectos que se pueden corregir fácilmente al observar la voz en tiempo real con este tipo de espectrogramas. Por ejemplo, en la Figura 6 se observan dos ejemplos de dos interpretaciones de un extracto de la aria de opera *O mio babbino caro*, de Puccini. La soprano representada por la letra A hace *portamento* de la afinación hasta la nota de la sílaba /è be/, cantando esa nota larga sin vibrato. Ya la cantante representada por la letra B hace un *portamento* hacia la nota de la sílaba /è be/, exhibiendo vibrato en esa nota larga. Otros aspectos de la fonación, como el modo en que una nota se inicia, o el *legato* en una frase musical, también pueden ser visualizados con este tipo de representaciones graficas (Lã, 2012).



**Figura 6.** Espectrograma de banda estrecha del software *VoceVista*, representando la voz de dos sopranos interpretando el extracto del aria *O mio babbino caro*, de la Opera Gianni Schicchi de Puccini. La cantante B tarda en afinar la nota correspondiente a la sílabas /è be/, exhibiendo vibrato en la voz, mientras que la cantante A canta esas sílabas llegando al intervalo pretendido más rápidamente y sin vibrato.



Aspectos particulares de los tipos de fonación usados también podrán ser visualizados en tiempo real en una clase de canto. Por ejemplo, la electrogrotografía es una técnica no invasiva del estudio del patrón de vibración de los pliegues vocales que es utilizada por profesores de canto (Lã, 2014). Se utiliza particularmente para demostrar distintos modos de fonación, de forma que se eviten comportamientos laríngeos menos eficientes como una fonación más apretada, con un cociente de contacto entre los pliegues vocales mayor (Lã, 2012), o una fonación soplada, desprovista de parciales armónicos superiores porque el tiempo de contacto de los pliegues vocales es muy reducido, dejando escapar aire en la glotis (espacio entre los pliegues vocales) (Herbst et al., 2010).

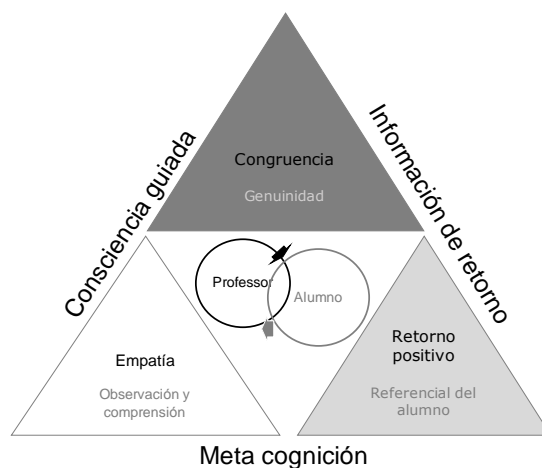
### **Hacia un modelo de desarrollo auto centrado en la educación musical**

Para concluir, este trabajo comenzaba por fundamentar la importancia del aprendizaje de un instrumento musical para mejorar los resultados de aprendizaje de los niños en general. Se ha demostrado que la capacidad de reorganización cerebral, conocida por neuroplasticidad, es mayor en los músicos profesionales, y cuanto más temprano se inicia el aprendizaje de la música. Esta capacidad es muy importante para el ser humano, ya que es la capacidad de reorganización cerebral que facilita el aprendizaje independientemente de la edad o género. Pero aprender un instrumento musical no es accesible para todos, principalmente en países con tradiciones de enseñanza pública como en el sur de Europa. Las escuelas públicas no ofrecen la opción del aprendizaje de un instrumento musical integrado en la enseñanza preescolar y primaria, ya que la inversión económica para equipar la escuela con instrumentos musicales y profesores que enseñen a un alumno por clase es muy grande. Este trabajo propone una oferta educativa en el área de la música más viable, desde el punto de vista económico y de organización escolar: **el aprendizaje de un instrumento musical que es accesible a todos – la voz**. Con clases individuales y/o de grupo, se permite una formación musical continuada utilizando la voz como instrumento musical. Esta propuesta va en relación con otros proyectos que ya se implementaron en otros países, como por ejemplo en el Reino Unido. En 2007, el gobierno británico gastó más de 10 millones de libras en un proyecto cuyos objetivos eran los de desarrollar actividades con niños promotoras de experiencias musicales con el canto de elevada calidad (Southgate & Roscigno, 2009). Actividades curriculares y extracurriculares de canto fueron diseñadas y puestas a disposición de todas las guarderías y escuelas primarias hasta

2012 (Welch et al., 2008), ya que se ha comprobado que la repetición a lo largo del tiempo de actividades que implican cantar con acompañamiento y siguiendo la notación musical en un cuadro, aumentan las capacidades de lectura (a saber, exactitud y comprensión) en niños preadolescentes (Hallam, 2018).

Este trabajo propone que herramientas de enseñanza y aprendizaje del canto permiten incluso superar las posibles dificultades que el aprendizaje de este instrumento tan particular podría ofrecer, la voz, de hecho, por ser un instrumento invisible. Estas herramientas recurren al uso de tecnologías en clase, un ordenador que enseñe espectrogramas en tiempo real durante la clase de canto. Así se facilita información de retorno, tan importante en el aprendizaje de habilidades motoras como las necesarias para el canto. Se ha demostrado así que estas prácticas didácticas innovadoras acompañan los cambios ocurridos en la enseñanza artística, facilitando la autonomía, auto-evaluación y capacidades metacognitivas en los alumnos.

Aquí se propone que se adopte un modelo de enseñanza del canto centrado en la relación profesor - alumno y sus idiosincrasias (Figura 7).



**Figura 7.** Modelo de enseñanza centrado en la relación profesor – alumno, con tres pilares principales: congruencia, *feedback* positivo recurriendo a información de retorno y empatía. Con el objetivo de la promoción de un aprendizaje autorregulado, promotor de elevados niveles de metacognición.

En este modelo, el profesor es un promotor de una consciencia guiada mediante información de retorno para que el alumno pueda encontrar su homeostasis en el canto. Se pretende que el alumno pueda encontrar formas de autorregular su aprendizaje, conduciendo al desarrollo de elevados niveles de metacognición. Así, se espera que el alumno pueda desarrollar su instrumento – la voz - y aprender música de forma saludable, funcional y, por eso, sostenible. En este modelo centrado en la relación profesor-alumno, la adquisición de conocimientos es un proceso guiado, donde existe

congruencia – ambos profesor y alumno son genuinos en su relación, donde se practica una psicología positiva, aceptando y motivando al alumno, y donde existe una verdadera empatía al comprender el bagaje de alumno.

Otra ventaja del uso del canto en las escuelas se relaciona con el poder integrador del conocimiento interdisciplinar que la voz posee. Los mecanismos que ocurren durante el canto reflejan conceptos de al menos la **matemática**, la **física**, la **biología** y las **lenguas**. Por ejemplo, para analizar la voz se aplica una transformada de Fourier, o sea, se aplica una herramienta matemática; la propagación de la voz recurre a explicaciones de conceptos de fenómenos físicos, como transmisión, absorción, reflexión, refracción, y difusión; la voz es un órgano de influencia hormonal, que cambia durante la pubertad debido a las hormonas esteroides sexuales, reflejando conceptos de la biología como diferencias morfológicas de género; la elevada variedad de lenguas extranjeras en el repertorio vocal individual y de grupo permite que los alumnos aprendan de forma práctica una lengua.

Por todas estas razones, se defiende que una escuela del futuro es también la que permite una oferta educativa musical aprovechando un instrumento musical accesible a todos que sirve para enseñar y aprender a usar las nuevas tecnologías, para integrar el conocimiento y para crear cohesión social – la voz.

### **Agradecimientos**

A la autora le gustaría agradecer a la Comunidad de Madrid la financiación del proyecto 2018-T1/HUM-12172.

### **Referencias**

Beck, R.J., Gottfried, T.L., Hall, D.J., Cisler, C.A. and Bozeman, K. W. (2006). Supporting the Health of College Solo Singers: The Relationship of Positive Emotions and Stress to Changes in Salivary IgA and Cortisol during Singing. *Journal for Learning through the Arts*, 2(1): 1-17.

Butzlaff, R. (2000). Can Music Be Used to Teach Reading? *Journal of Aesthetic Education, Special Issue: The Arts and Academic Achievement: What the Evidence Shows*, 34(3/4): 167-178.

- Callaghan, J. (1998). Singing Teachers and Voice Science – An Evaluation of Voice Teaching in Australian Tertiary Institutions. *Research Studies in Music Education*, 10: 25-41.
- Chan, A.S., Ho, Y-C., & Cheung, M-C- (1998). Music training improves verbal memory. *Nature*, 396:128.
- Chapman, J.L. (2006). *Singing and Teaching Singing: A Holistic Approach to Classical Voice*. San Diego: Plural Publishing.
- Cheek, J.M. & Smith, L.R. (1999). Music training and mathematics achievement. *Adolescence*, 34(136): 759-761.
- Clift S. & Morrison I. (2011). Group singing fosters mental health and wellbeing: findings from the East Kent “singing for health” network Project. *Mental Health and Social Inclusion*, 15(2): 88-97.
- Clift S., Hancox G., Morrison I., Hess B., Kreutz G. & Stewart D. (2006). Choral singing and psychological wellbeing: Quantitative and qualitative findings from English choirs in a cross-national survey. *Journal of Applied Arts and Health*, 1(1): 19-34.
- Clift, S. (2012). Creative arts as a public health resource: moving from practice-based research to evidence-based practice. *Perspectives in Public Health*, 132(3): 120-127.
- Clift, S. & Morrison, I. (2011). Group singing fosters mental health and wellbeing: findings from the East Kent “singing for health ”network project”. *Mental Health and Social Inclusion*, 15(2): 88–97.
- Clift, S., Manship, S., & Stephens, L. (2017). Further evidence that singing fosters mental health and wellbeing: the West Kent and Medway project. *Mental Health and Social Inclusion*, 21(1): 53–62.
- Coffin, B. (1980). *Overtones of Bel Canto*. Oxford: Scarecrow Press.

- Flohr, J.W., Miller, D.C. & deBeus, R. (2000). EEG Studies with Young Child. *Music and the Brain*, 87(2): 28-54.
- Gaser, C. & Schlaug, G. (2003). Brain Structures Differ between Musicians and Non-Musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23(27): 9240-9245.
- Gaunt, H., Creech, A., Long, M. & Hallam, S. (2012). Supporting conservatoire students towards professional integration: one-to-one tuition and the potential of mentoring. *Music Education Research*, 14(1): 25-43.
- Gaunt, H., Creech, A., Long, M., & Hallam, S. (2012). Supporting conservatoire students towards professional integration: one-to-one tuition and the potential of mentoring. *Music Education Research*, 14(1): 25-43.
- Grape, C., Sandgren, M., Hansson, L-O., Ericson, M. & Theorell, T. (2002). Does singing promote well-being?: An empirical study of professional and amateur singers during a singing lesson. *Integrative Physiological & Behavioral Science*, 38(1): 65-74.
- Greaves, C. J., & Farbus, L. (2006). Effects of creative and social activity on the health and well-being of socially isolated older people: outcomes from a multi-method observational study. *The Journal of the Royal Society for the Promotion of Health*, 126(3): 134–142.
- Hallam, S. (2006). *Music Psychology in Education*. London: Bedford Way Papers.
- Hallam, S. (2010). The power of music: its impact on the intellectual, social and personal development of children and young people. *International Journal of Music Education*, 28(3): 269-289.
- Hallam, S. (2018). Commentary: instrumental music. Chapter 7 in G. E. McPherson & G. F. Welch. *Vocal, Instrumental, and Ensemble Learning and Teaching*, Vol. 3. Oxford: Oxford University Press. pp. 101-107.

- Herbst, C.T., Howard, D. & Schömicher-Thier, J. (2010). Using Electroglottographic Real-Time Feedback to Control Posterior Glottal Adduction during Phonation. *Journal of Voice*, 24(1): 72-85.
- Ho, Y-C., Cheung, M-C., & Chan, A.S. (2003). Music Training Improves Verbal but Not Visual Memory: Cross-Sectional and Longitudinal Explorations in Children. *Neuropsychology*, 17(3): 439-450.
- Howard, D.M., Welch, G.F., Brereton, J., Himonides, E., DeCosta, M., Williams, J. & Howard, A.W. (2004). WinSingad: a real-time display for the singing studio. *Logopedics Phoniatrics Vocology*, 29: 135-144.
- Jakobson, L.S., Cuddy, L.L. & Kilgour, A.R. (2003). Time Tagging: A Key to Musicians' Superior Memory. *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 20(3): 307-313.
- Jers, H. & Ternström, S. (2005). Intonation analysis of a multi-channel choir recording. *Quarterly Progress and Status Report, TMH-QPSR*, 47(1): 1-6.
- Kleber, B., Veit, R. Birbaumer, N., Gruzelier, J. & Lotze, M. (2010). The Brain of Opera Singers: Experience-Dependent Changes in Functional Activation, *Cerebral Cortex*, 20(5): 1144-1152.
- Koutsoupidou, T. & Hargreaves, D.J. (2009). An experimental study of the effects of improvisation on the development of children's creative thinking in music. *Psychology of Music*, 27(3): 251-278.
- Kreutz G., Bongard S. , Rohrmann S, Hodapp V, Grebe D. (2004). Effects of choir singing or listening on secretory immunoglobulin A, cortisol, and emotional state. *Journal of Behavioural Medicine*, 27(6): 623-635.
- Lã, F. M. B. (2014). Learning to Be a Professional Singer. In I. P. G. Welch (Ed.), *Advanced Musical Performance: investigations in higher education learning*. Surrey: SEMPRES Studies in the Psychology of Music, pp. 265-286.

- Lã, F.M.B. (2012). Teaching Singing and Technology. In K.S. Basa (ed.). *Aspects of Singing II - Unit in Understanding - Diversity in Aesthetics*. Nürnberg: Vox Humana, pp. 88-109.
- Lã, F.M.B. (2017). Towards evidence-based practices in voice pedagogy. *Revista de Logopedia, Foniatría y Audiología*, 37(4): 180-187.
- Lee, D.J., Chen, Y. & Schlaug, G. (2003). Corpus callosum: musician and gender effects. *NeuroReport*, 14(2): 205-209.
- Lennon, M. & Reed, G. (2012). Instrumental and vocal teacher education: competences, roles and curricula. *Music Education Research*, 14(3): 285-308.
- Levitin, D. & Tirovolas, A.K. (2009). The Year in Cognitive Neuroscience 2009. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1156: 211–231.
- Liang, C., Earl, B., Thompson, I., Whitaker, K., Cahn, S., Xiang, J., Fu, Q-J. & Zhang, F. (2016). Musicians Are Better than Non-musicians in Frequency Change Detection: Behavioral and Electrophysiological Evidence. *Frontiers in Neuroscience*, 10: 1-14.
- Mauri, T. & Barberà, E. (2007). Regulación de la construcción del conocimiento en el aula mediante la comunicación de los resultados de aprendizaje a los alumnos. *Infancia y Aprendizaje*, 30(4): 483-497.
- McCoy, S. (2004). *Your voice: An inside View: multimedia voice science and pedagogy*. Princeton: Inside View Press.
- Meha-Bettison, K., Sharma, M., Ibrahim, R.K. & Vasuki, P.R. (2017). Enhanced speech perception in noise and cortical auditory evoked potentials in professional musicians. *International Journal of Audiology*, 57(1): 1-13.
- Mellor, L. (2013). An investigation of singing, health and well-being as a group process. *British Journal of Music Education*, 30 (2): 177 – 205.

- Morrison, S. J. (1994). Music students and academic growth. *Music Educators Journal*, 81(2): 33–36.
- Münte, T.F., Altenmüller, E. & Jäncke, L. (2002). The musician's brain as a model of neuroplasticity. *Nature Reviews Neuroscience*, 3: 473 - 478.
- Münte, T.F., Nager, W., Beiss, T., Schroeder, C. & Altenmüller, E. (2003). Specialization of the Specialized: Electrophysiological Investigations in Professional Musicians. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999: 131-139.
- Musacchia, G., Sams, M., Skoe, E. & Kraus, N. (2007). Musicians have enhanced subcortical auditory and audiovisual processing of speech and music. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104 (40): 15894-15898.
- Norton, A., Zipse, L., Marchina, S. & Schlaug, G. (2009). Melodic Intonation Therapy. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1169: 431–436.
- Overy, K., Nicolson, R.I., Fawcett, A.J. & Clarke, E.F. (2003). Dyslexia and music: measuring musical timing skills. *Dyslexia: An International Journal of Research and Practice*, 9: 18-36.
- Pantev, C., Ross, B., Fujioka, T., Trainor, L.J., Schulte, M. & Schultz, M. (2003). Music and Learning-Induced Cortical Plasticity. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 999: 438-450.
- Resnicow, J. E. (2004). Is Recognition of Emotion in Music Performance an Aspect of Emotional Intelligence? *Music Perception: An Interdisciplinary Journal*, 22(1): 145–158.
- Schellenberg, E.G. (2004). Music Lessons Enhance IQ. *Psychological Science*, 15 (8): 511-514. *Social Science Quarterly*, 90(1): 4-21.
- Schlaug, G., Jäncke, L., Huang, Y., Staiger, J.F. & Steinmetz, H. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuroshychologia*, 33 (8): 1047-1055.



- Southgate, D.E. & Roscigno, V.J. (2009). The Impact of Music on Childhood and Adolescent Achievement.
- Stacy, R., Brittain, K. & Kerr, S. (2002). Singing for health: an exploration of the issues. *Health Education*, 102(4): 156-162.
- Stark, J. A. (2003). *Bel Canto: A History of Vocal Pedagogy*. London: University of Toronto Press.
- Stemple, J.C., Lee, L., D'Amico, B. & Pickup, B. (1994). Efficacy of vocal function exercises as a method of improving voice production. *Journal of Voice*, 8(3): 271-278.
- Sundberg, J. (1987). *The Science of the Singing Voice*, Dekalb: Northern Illinois University Press.
- Swaminathana, S., Schellenberg, E.G. & Khalil, S. (2017). Revisiting the association between music lessons and intelligence: Training effects or music aptitude? *Intelligence*, 62: 119-124.
- Tafari, J. (2008). *Infant Musicality: New Research for Educators and Parents*. G. Welch & E. Hawkins, trans. Adershot: SEMPRES: Ashgate Publishing Limited.
- Tafari, J. & Villa, D. (2002). Musical elements in the vocalisations of infants aged 2-8 months. *British Journal of Music Education*, 19(1): 73-88.
- Thorndike, E. L. (1913). *Educational psychology*, Vol. 1. The original nature of man. New York, NY, US: Teachers College.
- Titze, I.R. (2000). *Principles of Voice Production*. Iowa: National Center for Voice and Speech.
- Welch, G., Papageorgi, I., Haddon, L., Creech, A., Morton, F., Beézenac, C., Duffy, C., Potter, J., Whyton, T. & Himonides, E. (2008). Musical genre and gender as

factors in higher education learning in music. *Research Papers in Education*, 23(2): 203-217.

Welch, G.F., Howard, D.M., Himonides, E. & Bereton, J. (2005). Real-time feedback in the singing studio: an innovatory action-research Project using new voice technology. *Music Education Research*, 7(2): 225-249.

Whitehead, B. J. (2001). The effect of music-intensive intervention on mathematics scores of middle and high school students (Doctoral dissertation, Capella University). *Dissertation Abstracts International*, 62(08), 2710A.

Zarate, J.M., Ritson, C.R. & Poeppel, D. (2012). Pitch-interval discrimination and musical expertise: Is the semitone a perceptual boundary? *The Journal of the Acoustical Society of America*, 132(2): 984-993.