

# Didáctica de la afinación en los instrumentos de metal: ciencia, música y tecnología en las Enseñanzas Artísticas

José Ibáñez Barrachina, Universidad de Murcia, España  
María Isabel de Vicente-Yagüe Jara, Universidad de Murcia, España

**Resumen:** La acústica musical y, más concretamente, la afinación es uno de los contenidos más complejos en el aprendizaje de todo instrumento musical. La práctica diaria nos lleva a modificar la altura de ciertas notas para optimizar su afinación, cuestión corregida tradicionalmente de forma sistemática por el docente, desconectada de su correspondiente justificación científica. Los instrumentos de viento metal no son ajenos a esta problemática y en la materia de Música de Cámara de las Enseñanzas Artísticas de Música es posible mejorar la afinación en atención al discurso musical a través de una metodología de doble enfoque teórico-práctico. Así pues, con el fin de redirigir los habituales planteamientos didácticos, presentamos una intervención en la que se muestran al alumnado las distintas posibilidades de afinación que pueden llevar a cabo estos instrumentos, al mismo tiempo que se analizan los resultados procedentes de las grabaciones registradas en el aula con afinadores cromáticos convencionales y con el programa informático Audacity®. Finalmente, a partir de dichos resultados sonoros, pretendemos que el alumnado compruebe si esta afinación que venimos realizando de manera tradicional es correcta y cuáles son los argumentos científicos que la avalan.

**Palabras clave:** didáctica de la afinación, acústica musical, tecnología musical

**Abstract:** Musical acoustics and specifically tuning is one of the most complex contents in the training of any instrument. The daily practice allows us to adjust the height of certain notes in order to improve their tuning; something that has traditionally and systematically been done by the Teacher and disconnected from their scientific reason. Concerning the brass instruments in the subject of Chamber Music in Arts and Music Teaching, it is possible to improve the tuning of the musical speech through a theoretical and practical method. In that sense and with the aim of giving a different focus to the habitual teaching methods, it is hereby presented an intervention in which the different tuning possibilities of this kind of instruments are presented to the students while, in addition, we analyze the results from the recordings registered in class with conventional chromatic tuning keys and the software program Audacity®. Finally, from these foresaid sound results, we encourage the students to check if the traditionally done tuning is correct or not and which scientific arguments support their answers.

**Keywords:** Tuning Teaching, Musical Acoustics, Musical Technology

## Justificación teórica

La afinación de los instrumentos de metal no es una cuestión sencilla y, en este sentido, Gevaert los incluye dentro de los instrumentos de afinación variable (Olazábal, 1954). Este tipo de instrumentos puede producir dentro de su registro sonidos de ciertas frecuencias, aunque es posible variarlas ligeramente. La trompeta, la trompa, el trombón y la tuba, los cuales utilizan la afinación de Zarlino de manera habitual (Ibáñez, 2008), pueden modificar su afinación levemente y afinar, por tanto, en otros sistemas como Pitágoras o el temperamento igual de 12 notas. La sonoridad obtenida por un grupo de metales cuando afinan en Zarlino es homogénea y rica en armónicos, pero si en la interpretación se incluyen instrumentos de otras familias podríamos modificarla para afinar en Pitágoras (en el caso de los instrumentos de cuerda) o el temperamento igual de 12 notas (en el caso de los instrumentos de afinación fija como el piano o los instrumentos de Orff). Aunque la mayoría de intérpretes profesionales realizan correcciones en la afinación de acordes mayores y menores, estos lo hacen de manera intuitiva, buscando una sonoridad concreta sin base científica y



sin saber en muchas ocasiones qué función realiza la nota en cuestión dentro del acorde, ni qué cantidad hay que corregir.

Del mismo modo, en las aulas se viene corrigiendo tradicionalmente por parte del profesor la afinación sin base científica alguna que justifique las frecuencias de las notas que emiten los instrumentos. El alumnado que desde su formación inicial recibe las clases de Lenguaje Musical con un piano, instrumento afinado en el temperamento igual de 12 notas, tiende a afinar en este sistema en vez de utilizar Zarlino. Por ello, en el presente estudio se pretende guiar al alumnado en estas cuestiones teórico-prácticas, en el marco de la materia de Música de Cámara, con la agrupación del quinteto de metal.

El quinteto de metal es una formación compuesta por los cuatro instrumentos mencionados más una segunda trompeta que completa el conjunto. Los orígenes del quinteto de metales se remontan al siglo XIX y los primeros compositores para esta formación camerística fueron Jean Francoise Victor Bellon (1795-1869) y Victor Ewald (1860-1935). Actualmente es el banco de pruebas de algunos compositores como Ferrer Ferrán (nacido en 1966) o César Cano (nacido en 1960), al igual que lo fue de compositores como Maurice Jarre (1924-2009), Witold Lutoslawski (1913-1994) o Luciano Berio (1925-2003). En este sentido los compositores utilizan las formaciones de cámara para incluir sus innovaciones antes de utilizarlas en sus grandes obras, como hicieron en su época Haydn, Mozart y Beethoven.

Por otra parte, la asignatura de Música de Cámara se imparte en los cursos 4º, 5º y 6º de las Enseñanzas Profesionales de Música, reguladas por el Real Decreto 1577/2006, de 22 de diciembre (MEC, 2007). No hay un perfil específico profesional para impartir esta materia, puesto que desde la desaparición del Plan 66 (MEC, 1966) ya no existe la titulación de Profesor de Música de Cámara; no obstante, en la actualidad todos los profesores de las especialidades instrumentales están habilitados para su docencia y su asignación en muchos centros educativos suele responder a la relación formación instrumental-especialidad docente.

El término “Música de Cámara” se refiere a aquella música que es interpretada por un reducido número de músicos, generalmente instrumental con un instrumentista por parte (Randel, 2008, p. 681). Durante la Edad Media y el Renacimiento, esta música se interpretaba en pequeños salones también llamados cámaras (Sadie, 2000, p. 170), hasta que poco a poco dio el salto a las salas de concierto. Con respecto a la organización curricular de la asignatura de Música de Cámara, los grupos de alumnos se distribuyen conformando diferentes agrupaciones habituales en la Música Clásica (cuarteto de cuerda, quinteto de viento, quinteto de metal o cuarteto de saxofones), aunque también son posibles otras agrupaciones menos tradicionales.

Más concretamente, con respecto a la afinación del quinteto de metal, los instrumentos que lo componen actúan acústicamente de la misma manera. Se comportan como tubos sonoros abiertos (Estévez, 1990, p. 89) que pueden producir todos los armónicos a partir de su fundamental (Sachs, 2006, p. 418), modificando la tensión de la columna de aire y los labios (Roederer, 1997, p. 144); además, desde principios del siglo XIX con la invención del pistón, los instrumentos de viento metal son cromáticos y pueden realizar todas las notas de la escala cromática (Wallace y McGrattan, 2011, pp. 194-224). Por ello, podemos afirmar que afinan habitualmente utilizando el sistema de Zarlino (Ibáñez, 2008). Este sistema, también conocido como justa afinación, permite dividir la octava en 12, 31 o 50 partes (Liern y León, 2011), mientras que el temperamento igual de 12 notas solo permite la división de la octava en 12 notas. La posibilidad que ofrece Zarlino, al dividir la octava en más partes, da como resultado una riqueza de sonoridades que los temperamentos no tienen. Los temperamentos, en su afán por cerrar el círculo de quintas, logran una uniformidad en estas que resulta muy práctica para pasar por todas las tonalidades, pero se pierde pureza en las terceras y las quintas, lo que provoca que los acordes mayores y menores no suenen correctamente.

A continuación, se describen brevemente los cuatro sistemas de afinación que actualmente conviven en la orquesta sinfónica:

### a) Sistema de Zarlino

El sistema de afinación propuesto por Zarlino (1517-1590), también conocido como justa afinación, estableció que existía una afinidad entre los sonidos que son proporcionales a 1, 2, 3, 4, 5, 6 y comprobó que estos eran emitidos por cuerdas de longitudes

$$\frac{1}{1'} \quad \frac{1}{2'} \quad \frac{1}{3'} \quad \frac{1}{4'} \quad \frac{1}{5'} \quad \frac{1}{6'}$$

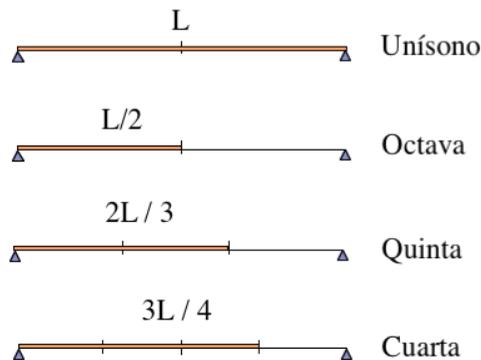
El principal objetivo de Zarlino era conseguir que las terceras mayores y menores fueran justas. Sin embargo, según Piles (1982), la manera más fácil de obtener el sistema de afinación de Zarlino es a través de una aproximación al sistema pitagórico mejorando las terceras. La mejora en cuestión consiste en aproximar la quinta justa ( $3/2$ ) por un intervalo parecido,  $40/27$ , al que denominamos quinta sintónica. Con esta aproximación asumimos un pequeño error,  $81/80$ . Con este sistema el círculo de quintas no está cerrado y la quinta del lobo (no es lo mismo sumar 12 quintas que 7 octavas, por lo que hay una quinta cuyo tamaño es diferente y suena distinto, de ahí su nombre) es más grande que las quintas justas, al contrario que en el sistema pitagórico.

### b) Sistema de Pitágoras

Pitágoras de Samos (570 a. C. – 480 a. C.), después de una serie de experimentos con un monocordio, comprobó que al dividir las cuerdas por la mitad, en tres partes iguales y en cuatro partes iguales, cuando se hacían sonar estas proporciones de cuerda con la original se obtenían intervalos consonantes (Fernández de la Gándara y Lorente, 1998, p. 13). Los pitagóricos proponen como intervalos consonantes la octava, la quinta y la cuarta, que son los intervalos que se obtienen con las divisiones de las cuerdas citadas.

Las proporciones de cuerda para cada intervalo son las siguientes:

Figura 1. Proporciones pitagóricas de las cuerdas



Fuente: Ibáñez, 2008.

Para obtener las notas debemos ir sumando quintas sucesivamente y restar las octavas necesarias, por lo que el círculo de quintas no queda cerrado y la quinta del lobo es más pequeña que el resto.

### c) Sistema de Holder

El sistema empleado por Holder es una adaptación del sistema pitagórico (Gallaga, 2007: 49), pues si los comparamos encontramos pequeñas diferencias aunque los resultados obtenidos son prácticamente iguales. William Holder divide la octava en 53 partes o notas; además, cada nota está dividida en 9 comas, asignándole al semitono cromático 5 y al semitono diatónico 4 (Calvo-Manzano, 1991,

p. 221). Aunque el sistema de Holder es un temperamento y el de Pitágoras una afinación (Ibáñez, 2008), en la práctica se tratan como un mismo sistema de afinación.

#### **d) Temperamento igual de 12 notas**

Los temperamentos cíclicos surgen para evitar ciertos problemas que provocan las afinaciones, como la quinta del lobo o la imposibilidad de modular a ciertas tonalidades, aunque ello signifique renunciar a ventajas como la sonoridad o la variedad de notas. Los temperamentos modifican (templan) las quintas de forma que logran cerrar el círculo de quintas de una manera aceptable y adquirir ciertas ventajas como pasar de una tonalidad a otra sin ningún problema. El origen de este temperamento es anterior al siglo XVII, aunque logró su consagración con J. S. Bach (1685-1750), quien escribió 48 preludios y fugas en todas las tonalidades mayores y menores, en dos volúmenes denominados *El clave bien temperado*.

Hoy en día es el sistema de afinación más empleado por sus ventajas teóricas y prácticas, pero es el menos adecuado para la sonoridad, ya que elimina algunas notas que proceden de manera natural de la escala de armónicos.

Las octavas son justas como en los demás sistemas (2/1), pero las quintas son pequeñas, - 2 cents, y las terceras son muy grandes, + 14 cents<sup>1</sup> (Goldaráz, 2004, p. 122), lo que resulta bastante problemático en los acordes mayores. Estas desviaciones respecto a otros sistemas que aporta terceras muy grandes y semitonos iguales con el consiguiente empobrecimiento de la expresividad provocó que la implantación del temperamento igual de 12 notas no fuera efectiva en la práctica hasta dos siglos después de las primeras formulaciones del siglo XVI (Geller, 2004, p. 65).

## **Objetivos**

El objetivo general del presente estudio es el siguiente:

- Desarrollar una metodología didáctica válida para mejorar la afinación del alumnado de viento metal en la asignatura de Música de Cámara, a través de prácticas basadas en el conocimiento de los diferentes sistemas de afinación que guíen hacia la justa entonación de Zarlino.

Este objetivo general se desglosa en los siguientes objetivos específicos:

- Conocer el contexto acústico real en el que se encuentra el alumnado de esta asignatura al interpretar en un conjunto de metales.
- Dar a conocer al alumnado las diversas posibilidades de afinación que poseen los instrumentos de viento metal, según el marco tímbrico en el que se integren.
- Ofrecer al alumnado las herramientas necesarias para mejorar la afinación en grupo y llevarlas a la práctica a través de la sonata *Die Bankelsangerlieder* y de la interpretación de diversos acordes de la misma.
- Interpretar los resultados obtenidos de las muestras sonoras grabadas en el aula, a través de los correspondientes instrumentos tecnológicos, comparando la situación inicial del alumnado con la alcanzada finalmente tras la intervención del profesor.

## **Metodología**

En este estudio se sigue la línea metodológica de la investigación-acción (Latorre, 2004), pues el docente es el propio investigador que actúa en el aula, persiguiendo mejorar y renovar su práctica diaria, a través de la planificación, la actuación, la observación y la reflexión.

La intervención didáctica se ha llevado a cabo en un aula de la asignatura de Música de Cámara del Conservatorio de Música de Murcia, con cinco alumnos que cursaban el curso tercero de esta materia (que se imparte en el 6º curso de las Enseñanzas Profesionales de Música) y que formaban un quinteto de metales.

---

<sup>1</sup> Unidad de medida logarítmica empleada para medir, con absoluta precisión, intervalos de frecuencias muy pequeñas (Arbonés y Milrud, 2011, p. 31).

Con respecto a los instrumentos, en el presente estudio hemos tomado muestras sonoras de los diferentes instrumentos con un ordenador personal Apple®, modelo MacBook Pro de 13 pulgadas. Estas grabaciones han sido analizadas con dos afinadores cromáticos convencionales (SEIKO® modelo ST 747-100 y KORG® modelo CA 30) y con el programa informático gratuito Audacity®, con el fin de conocer las frecuencias de las notas y analizar las posibles desviaciones en los diferentes sistemas de afinación (Zarlino, Pitágoras, Holder y temperamento igual de 12 notas). Por último, los resultados obtenidos han sido tratados con el programa estadístico SPSS® 21.0.

El procedimiento de la investigación se ha llevado a cabo en tres fases: fase de exploración, fase de intervención y fase de interpretación. En la fase de exploración, se realizó en primer lugar una grabación de la sonata *Die Bankelsangerlieder*, sonata que los alumnos se encontraban interpretando en ese momento del curso, con el fin de comprobar la sonoridad inicial de la misma por parte del grupo. La sonata *Die Bankelsangerlieder* es un anónimo del siglo XVII que contiene en su mayor parte acordes mayores y menores, y aunque no se trata de una obra original para esta formación, es muy utilizada en las aulas de Música de Cámara para el trabajo de sonoridad y afinación.

En segundo lugar, se seleccionaron cinco de los acordes mayores (Do Mayor, Fa Mayor, Sol Mayor, Si bemol Mayor y Re mayor) y cinco de los acordes menores (La menor, Re menor, Mi menor, Sol menor y Si menor) que aparecen en la sonata. A cada uno de los intérpretes se le realizaron cinco grabaciones de cada una de las notas del acorde por separado, asumiendo que dos de las notas de estos acordes triadas se encuentran duplicadas; finalmente, el grupo interpretó el acorde completo de forma simultánea una sola vez. De esta manera, hemos obtenido de cada acorde veinticinco grabaciones con las notas individuales, así como una grabación más con el acorde simultáneo. Puesto que las tonalidades estudiadas han sido diez, el total de grabaciones asciende a doscientas cincuenta en notas sueltas y diez en acordes. El acorde mayor está compuesto por la tónica (la primera nota de la escala), una tercera mayor y una quinta justa, mientras que el acorde menor consta de tónica, tercera menor y quinta justa (Lasala, 1962, p. 49); así pues, la diferencia entre estos acordes radica en la tercera, que además es la que da nombre al acorde. En la figura 2, se observa un ejemplo de las notas grabadas por cada uno de los instrumentistas para el acorde de Sol Mayor.

Figura 2: Ejemplo correspondiente al acorde de Sol Mayor

The image shows a musical score for five instruments: Trompeta 1 Sib, Trompeta 2 Sib, Trompa en Fa, Trombón, and Tuba. The score is written in 4/4 time with a key signature of three sharps (F#, C#, G#). Each instrument part consists of a single whole note. Trompeta 1 Sib and Trompeta 2 Sib play G4. Trompa en Fa plays G4. Trombón plays G3. Tuba plays G2.

Fuente: Elaboración propia, 2014.

Tras la fase de exploración, en la que se realizó una aproximación acústica previa al contexto del aula, se lleva a cabo la fase de intervención. En un primer momento, el profesor ofreció una explicación sobre los cuatro sistemas de afinación que actualmente conviven en la orquesta: Zarlino, Pitágoras, Holder y temperamento igual de 12 notas. Los alumnos aprendieron las características de cada sistema y las diferencias entre ellos, así como las ventajas e inconvenientes que genera cada uno. Igualmente, se indicó a los alumnos de qué manera podían corregir la afinación para aproximar la afinación a un sistema u otro.

Seguidamente, del mismo modo que se realizaron las grabaciones en la fase de exploración, se volvieron a tomar en la fase de intervención muestras sonoras tanto de las notas aisladas que componen los acordes ya referidos como del acorde simultáneo, por lo que el número total de registros sonoros asciende ahora a quinientas notas individuales y veinte acordes. Estas segundas grabaciones se caracterizan por la afinación consciente por parte de los alumnos de cada una de las notas en función de las explicaciones anteriores del profesor. En este sentido, los alumnos debían corregir la afinación de algunas notas con respecto a sus interpretaciones primeras: los alumnos concretamente tenían que bajar la tercera del acorde, que es 14 cents más alta en el temperamento igual de 12 notas, y subir la quinta, que habitualmente es 2 cents más pequeña que las quintas puras o justas. En la figura 3, se puede observar de forma gráfica cada una de las notas que los alumnos habían de modificar en el acorde de Sol menor: la tercera del acorde con una flecha hacia abajo y la quinta del acorde con una flecha hacia arriba.

Figura 3: Ejemplo de acordes para quinteto de metal

The image shows a musical score for a brass quintet. It consists of five staves, each representing a different instrument. The key signature is G minor (one sharp, F#) and the time signature is 4/4. The notes are as follows:

- Trompeta 1 Sib:** Treble clef, G4 note with an upward-pointing arrow.
- Trompeta 2 Sib:** Treble clef, G4 note with a downward-pointing arrow.
- Trompa en Fa:** Treble clef, G4 note with a downward-pointing arrow.
- Trombón:** Bass clef, G2 note.
- Tuba:** Bass clef, G2 note.

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Finalmente, el quinteto volvió a grabar la sonata *Die Bankelsangerlieder*, para constatar las diferencias sonoras existentes con la primera grabación, en la que los alumnos no conocían las indicaciones acústicas de los diferentes sistemas explicados por el profesor.

En la fase de interpretación, se analizaron las grabaciones realizadas por los alumnos. Las grabaciones de las notas individuales fueron estudiadas con dos afinadores cromáticos convencionales (SEIKO®

modelo ST 747-100 y KORG® modelo CA 30) y con el programa informático Audacity®. Por otra parte, los acordes y la sonata completa fueron analizados por el profesor, atendiendo a su experiencia científica, teórica y práctica en la materia; en este caso, los afinadores y el programa anteriormente mencionados no permiten el análisis de frecuencias simultáneas. Además, en estas últimas grabaciones los alumnos también tuvieron la oportunidad de evaluar la sonoridad de su propio trabajo.

## Resultados

A continuación, se exponen los resultados en función del tipo de grabación realizada para cada una de las dos fases (exploración e intervención): notas individuales, acordes y sonata.

En primer lugar, mostramos los resultados obtenidos de las grabaciones de las notas individuales de los acordes, efectuadas en la fase de exploración en el aula. Las grabaciones de esta fase mostraron mayoritariamente que el sistema utilizado por los alumnos era el temperamento igual de 12 notas, ya que el 76% de los acordes mayores analizados confirmaron este sistema de afinación frente a un 19% de Zarlino y un 5% de Pitágoras. En cuanto a los acordes menores, el 70% de las grabaciones correspondieron al temperamento igual de 12 notas (70%), frente a un 25% de Zarlino y un 6% de Pitágoras (tabla 1). Se constata que el alumnado tiene arraigado el temperamento igual de 12 notas, debido a la formación recibida.

Tabla 1: Resultados de las grabaciones en la fase de exploración

<i>Sistema de afinación</i>	<i>Acordes mayores</i>		<i>Acordes menores</i>	
Temperamento igual de 12 notas	95	76%	87	70%
Zarlino	24	19%	31	25%
Pitágoras	6	5%	7	6%

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Más concretamente, se desglosan en las tablas 2 y 3 los resultados de las grabaciones de los acordes mayores y menores, respectivamente, de la fase de exploración. Cabe destacar que no hay diferencias significativas entre los acordes mayores y menores, pues en ambos prima el temperamento igual de 12 notas como el más utilizado, siendo Zarlino el segundo. Los resultados para el sistema de Pitágoras son testimoniales y su aparición puede deberse a algún error de los intérpretes, ya que no es la afinación que suelen utilizar.

Tabla 2: Resultados de las grabaciones de los acordes mayores en la fase de exploración

<i>Sistema de afinación</i>	<i>Do Mayor</i>	<i>Fa Mayor</i>	<i>Sol Mayor</i>	<i>Sib Mayor</i>	<i>Re Mayor</i>	<i>Total</i>
Temperamento igual de 12 notas	18	22	17	20	18	95
Zarlino	6	3	5	4	6	24
Pitágoras	1	0	3	1	1	6

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Tabla 3: Resultados de las grabaciones de los acordes menores en la fase de exploración

<i>Sistema de afinación</i>	<i>La menor</i>	<i>Re menor</i>	<i>Mi menor</i>	<i>Sol menor</i>	<i>Si menor</i>	<i>Total</i>
Temperamento igual de 12 notas	17	20	17	17	16	87
Zarlino	6	4	7	6	8	31
Pitágoras	2	1	1	2	1	7

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Finalmente, tras las explicaciones del profesor y los ejercicios realizados por el alumnado para modificar y corregir la afinación en la fase de intervención didáctica, las grabaciones mostraron unos contrastantes resultados. Así, observamos cómo el porcentaje de grabaciones que se encontraban afinadas en el temperamento igual de 12 notas baja considerablemente, igualándose con Zarlino y Pitágoras, aunque con una cierta ventaja de la justa afinación (Zarlino). Tanto en los acordes mayores como en los menores, la opción con el porcentaje más elevado fue el sistema de afinación de Zarlino con un 39% y un 42%, respectivamente. En segundo lugar, encontramos el temperamento igual de 12 notas con un 36% y un 30% que desciende de manera considerable. Pitágoras sigue en tercer lugar, aunque esta vez sus resultados dejan de ser testimoniales para ser ya relevantes, puesto que su porcentaje se eleva hasta el 25% y el 27% (tabla 4).

Tabla 4: Resultados de las grabaciones en la fase de intervención

<i>Sistema de afinación</i>	<i>Acordes mayores</i>		<i>Acordes menores</i>	
Temperamento igual de 12 notas	45	36%	38	30%
Zarlino	49	39%	53	42%
Pitágoras	31	25%	34	27%

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Si desglosamos los resultados para analizarlos en función de los acordes concretos mayores y menores (tablas 5 y 6), observamos que la afinación de Pitágoras y el temperamento igual de 12 notas obtienen resultados muy similares en los acordes menores, siendo Zarlino el más utilizado. Por otra parte, en los acordes mayores, Zarlino y el temperamento igual de 12 notas destacan sobre Pitágoras; se ha de comentar, no obstante, que en este último se advierte un porcentaje superior al encontrado en la fase de exploración.

Tabla 5: Resultados de las grabaciones de los acordes mayores en la fase de intervención

<i>Sistema de afinación</i>	<i>Do Mayor</i>	<i>Fa Mayor</i>	<i>Sol Mayor</i>	<i>Sib Mayor</i>	<i>Re Mayor</i>	<i>Total</i>
Temperamento igual de 12 notas	8	9	8	10	10	45
Zarlino	10	9	10	10	10	49
Pitágoras	7	7	7	5	5	31

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

Tabla 6: Resultados de las grabaciones de los acordes menores en la fase de intervención

<i>Sistema de afinación</i>	<i>La menor</i>	<i>Re menor</i>	<i>Mi menor</i>	<i>Sol menor</i>	<i>Si menor</i>	<i>Total</i>
Temperamento igual de 12 notas	8	7	9	7	7	38
Zarlino	12	11	12	8	10	53
Pitágoras	5	7	4	10	8	34

Fuente: *Elaboración propia, 2014.*

En segundo lugar, con respecto a las grabaciones de los acordes, debido a lo ya referido acerca de la imposibilidad de medir frecuencias simultáneas con los instrumentos utilizados en el análisis anterior de las notas individuales, no podemos mostrar resultados numéricos o porcentuales concretos. Sin embargo, la escucha detallada por el oído experimentado del docente-investigador revela para el caso de las grabaciones de la fase de intervención una mejora en la afinación del grupo como quinteto de metal, con las peculiaridades y demandas sonoras que estos instrumentos requieren en dicha formación. Por otra parte, tras mostrar a los intérpretes las dos versiones de cada grabación en sus diferentes fases, el 100% del alumnado escogió en todos los casos la segunda opción y prefirió la sonoridad del acorde con las modificaciones propuestas por el profesor, pues se adaptaban a una

afinación más propia de los metales en el conjunto, según las características de los sistemas de afinación aprendidos.

Por último, las dos grabaciones efectuadas de la sonata *Die Bankelsangerlieder*, al igual que en el caso de los acordes, fueron analizadas por el oído experimentado del docente-investigador. En este sentido, la perfección en la afinación individual de notas y acordes y la corrección de alturas conllevó una interpretación final de la sonata de mayor calidad en cuanto a sonoridad y afinación que la primera. De la misma manera, el alumnado también prefirió en un 100% la segunda grabación realizada en la fase de intervención, pues la afinación de Zarlino conseguida mejoró considerablemente la ejecución y optimizó los recursos interpretativos de la obra.

## Conclusiones

Una vez realizada la intervención en el aula y obtenidos los resultados expuestos anteriormente, estamos en disposición de afirmar que los instrumentos de viento metal pueden modificar su afinación con el entrenamiento correspondiente a través de la metodología didáctica desarrollada. Así pues, en las grabaciones realizadas en la fase de exploración, el sistema más empleado es el temperamento igual de 12 notas, pues la formación del alumnado que desde pequeño realiza los ejercicios de dictado con un piano (instrumento afinado en el temperamento igual de 12 notas y de afinación fija) puede influir en que el oído esté acostumbrado a él. Tras las explicaciones del profesor y los ejercicios realizados con los acordes, el oído de los intérpretes busca la modificación de la afinación habitual para lograr los intervalos justos (Zarlino), afinación que a los instrumentos de metal les resulta más natural. Al modificar la afinación de dos notas del acorde, el resultado sonoro mejora produciéndose una sonoridad más rica en armónicos.

El conocimiento por parte de los intérpretes de la función de cada nota dentro del acorde, así como de la desviación que deben corregir, mejora la práctica. Aunque algunos intérpretes ya afinaban en Zarlino en la primera grabación, lo hacían de forma intuitiva buscando una mejora en la afinación; con este método y después de analizar cada acorde, las correcciones se realizan de manera científica, ya que las terceras ahora son 14 cents más pequeñas y las quintas 2 cents más grandes. Esta intervención didáctica mejora la afinación de los intérpretes tanto a nivel individual como grupal. Al modificar la tercera y la quinta del acorde obtenemos una sonoridad más pura, sonoridad que se perdió con la llegada de los temperamentos que se impusieron por su practicidad.

Por último, con el fin de constatar la interpretación global de una obra completa, como es el caso de la sonata *Die Bankelsangerlieder*, según esta metodología de afinación, afirmamos que el alumnado ha empleado de forma eficaz las herramientas de afinación ofrecidas hacia la sonoridad de Zarlino buscada; afinación que lejos de quedar como una mera práctica concreta de aula, será retomada y empleada por el alumnado en su interpretación en el marco de futuras agrupaciones tímbricas similares.

## REFERENCIAS

- Anónimo. (c. 1684). *Sonata from Die Bankelsangerlieder*. New York: Folkways Record & Service Corp.
- Arbonés, J. Y Milrud, P. (2011). *La armonía es numérica*. Rodesa: RBA.
- Calvo-Manzano, A. (1991). *Acústica físico-musical*. Madrid: Real Musical.
- Estévez, F. (1990). *Acústica musical*. Madrid: Opera tres ediciones musicales.
- Fernández de la Gándara, G. y Lorente, M. (1998). *Acústica musical*. Madrid: Música hispana.
- Gallaga, J. M. (2007). *Estudio completo de las comas acústicas y del resto de los intervalos en los distintos sistemas de afinación*. Bilbao: Ediciones Beta III Milenio.
- Geller, D. (2004). *Tratado práctico de entonación para instrumentistas y cantantes*. Cornellà de Llobregat: Idea Música.
- Goldáraz, J. J. (2004). *Afinación y temperamentos históricos*. Madrid: Editorial Alianza.
- Ibáñez, J. (2008). *Métodos exactos y heurísticos de afinación. Aplicación a la trompeta* (Tesis Doctoral). Universidad Politécnica de Valencia.
- Lasala, A.E. (1962). *La educación musical del oído*. Buenos Aires: Ricordi americana.
- Latorre, A. (2004). *La investigación-acción. Conocer y cambiar la práctica educativa*. Barcelona: Graó.
- Liern, V. Y León, T. (2011). A fuzzy framework to explain musical tuning in practice. *Fuzzy Sets and Systems*, 214, pp. 51-64.
- MEC (1966). Decreto 2618/1966, de 10 de septiembre, sobre Reglamentación general de los Conservatorios de Música (BOE, 24/10/1966).
- MEC (2007). Real Decreto 1577/2006, de 22 de diciembre, por el que se fijan los aspectos básicos del currículo de las enseñanzas profesionales de música reguladas por la Ley Orgánica 2/2006, de 3 de mayo, de Educación (BOE, 20/1/2007).
- Olazábal, T. (1954). *Acústica musical y organología*. Buenos Aires: Ricordi americana.
- Piles, J. (1982). *Intervalos y gamas*. Valencia: Editorial Piles.
- Randel, D. Ed. (2008). *Diccionario Harvard de música*. Madrid: Editorial Alianza.
- Roederer, J. G. (1997). *Acústica y Psicoacústica de la música*. Buenos Aires: Ricordi americana.
- Sachs, C. (2006). *The history of musical instruments*. New York: Dover.
- Sadie, S. Ed. (2000). *Diccionario Akal/Grove de la música*. Madrid: Ediciones Akal.
- Wallace, J. y McGrattan, A. (2011). *The trumpet*. London: Yale University Press.

## SOBRE LOS AUTORES

**José Ibáñez Barrachina:** Premio Extraordinario fin de carrera en el título de Profesor Superior de Trompeta, Mención Honorífica en la especialidad de Armonía por el Conservatorio Superior de Música “Joaquín Rodrigo” de Valencia, Master en Estética y Creatividad Musical por la Universidad de Valencia y Doctor en Música con Sobresaliente Cum Laude por la Universidad Politécnica de Valencia. Ha obtenido numerosos premios en su faceta de director de bandas de música. Como compositor, sus obras están publicadas por la editorial GTE Música y grabadas en CD. Es requerido de manera habitual como jurado en diferentes concursos de interpretación y composición musical. Ha desempeñado los cargos de jefe de departamento, jefe de estudios y vicedirector en su labor docente en Conservatorios de Música.

**María Isabel de Vicente-Yagüe Jara:** Doctora con Mención Internacional y Premio Extraordinario en Didáctica de la Lengua y la Literatura, Máster en Estética y Creatividad Musical, Licenciada en Filología Hispánica, Licenciada en Historia y Ciencias de la Música, Título de Profesor Superior de Piano y Título de Profesor Superior de Solfeo, Teoría de la Música, Transposición y Acompañamiento. Ha participado en las reuniones científicas del LIRDEF (Laboratoire Interdisciplinaire de Recherche en Didactique, Éducation et Formation) de la Universidad de Montpellier (Francia) y forma parte del Grupo Internacional de Investigación Didáctica de la Lengua y Educación Literaria

de la Universidad de Murcia. Igualmente, coordina un proyecto de investigación e innovación educativa y es miembro del comité científico de la revista Investigaciones sobre lectura. Destaca su reciente publicación en la editorial Octaedro titulada La intertextualidad literario-musical. Una estrategia didáctica para la animación a la lectura y la audición musical (2013).