

## PERCEPCIÓN DE LA CONSONANCIA MUSICAL

PACS: 43.75.Cd

Morant Navasquillo, Remigi<sup>1</sup>, Alba Fernández, Jesús<sup>2</sup>; Ramis Soriano, Jaime<sup>2</sup>;

<sup>1</sup> Estudiante Doctorado Música Universidad Politécnica de Valencia

C/ Toro, 28. 46758-Barx (La Drova). España

Tel: 627 800 575

E-mail: remigimorant@vodafone.es

<sup>2</sup>Grupo de Dispositivos y Sistemas Acústicos y Ópticos, DISAO

Departamento de Física Aplicada; Escuela Politécnica Superior de Gandía. Universidad

Politécnica de Valencia. Carretera Nazaret-Oliva s/n. 46730 Grao de Gandia Valencia. España

Tel: 962 849 314 - 962 849 300. Fax: 962 849 309

E-mail :jesalba@fis.upv.es, jramis@fis.upv.es

### ABSTRACT

The objective of this work is the writing of an psychoacoustics investigation about the perception of the musical consonance in different musical temperaments (Zarlino and Tempered Systems). We hope the results of our investigation will contribute the study of the musical consonance from the perspective of the musical education. The work studies the different musical temperaments; it analyzes the different conceptions on the musical consonance along the history and revises the last contributions to the concept of consonance of the psychoacoustics investigations. The second part of the work develops the praxis of the investigation.

### RESUMEN

El objetivo de este trabajo es la realización de una investigación psicoacústica sobre la percepción de la consonancia musical en distintos temperamentos musicales (Sistemas Zarlino y Temperado). Esperamos que sus resultados sean de utilidad como contribución al estudio de la consonancia musical desde la perspectiva de su aplicación al aprendizaje de la música (educación musical). El trabajo parte del estudio de los distintos temperamentos musicales, analiza las distintas concepciones sobre la consonancia musical a lo largo de la historia y estudia las últimas aportaciones al concepto de consonancia de las investigaciones psicoacústicas. En la segunda parte se plantea el desarrollo de la parte práctica de la investigación.

### INTRODUCCIÓN

En pedagogía musical la percepción representa una de las bases de introducción al lenguaje musical: de la estimulación sensorial pasamos a la percepción y de la misma a la representación, que de manera simple genera lo que denominamos lenguaje musical. El estudio de las cualidades del sonido es importante por las derivaciones perceptivas que comporta: la frecuencia condiciona la altura y esta, a su vez, está condicionada por el temperamento musical. Aunque, también es cierto que muchos profesores, alumnos y incluso personas sin formación musical sienten como válida la entonación justa, representada por la escala de Aristógenes, Zarlino, de los físicos o de la justa entonación. ¿Hasta qué punto sentimos un mayor grado de consonancia (agradabilidad, estabilidad, pureza, fusión, mezcla correcta...) en cada temperamento?

## La escala musical

Para conformar la escala musical siempre ha prevalecido como norma a lo largo del tiempo el criterio de búsqueda de la máxima agradabilidad. En el origen de los distintos patrones de escala musical (Pitágoras, Zarlino, Temperada...) estuvo siempre presente la escala de los armónicos y por tanto, el mayor o menor grado de consonancia entre los sonidos que la formaban.

### Escala de Aristógenes o de Zarlino

Llamada escala de **Aristógenes** (350 años antes de Cristo), de los físicos, de la justa entonación o de **Zarlino** (siglo XVI, teórico musical más destacado del Renacimiento). Consiste en elegir sonidos de manera que los intervalos formados por estos con la tónica sean aquellos que proporciona la serie de los armónicos.

Zarlino mejoró las terceras de la escala de Pitágoras:

|          |       |                    |          |      |
|----------|-------|--------------------|----------|------|
| DO4-RE4  | 9/8   | Tono Grande        | DO4-RE4  | 9/8  |
| RE4-MI4  | 10/9  | Tono Pequeño       | DO4-MI4  | 5/4  |
| MI4-FA4  | 16/15 | Semitono Diatónico | DO4-FA4  | 4/3  |
| FA4-SOL4 | 9/8   | Tono Grande        | DO4-SOL4 | 3/2  |
| SOL4-LA4 | 10/9  | Tono Pequeño       | DO4-LA4  | 5/3  |
| LA4-SI4  | 9/8   | Tono Grande        | DO4-SI4  | 15/8 |
| SI4-DO5  | 16/15 | Semitono Diatónico | DO4-DO5  | 2/1  |

Esta escala está perfectamente afinada de acuerdo con el principio físico-armónico (Escala de los Armónicos).

### Escala de Pitágoras

Pitágoras (siglo VI antes de Cristo), su escala se basaba en sucesiones de quintas mayores (3/2) lo que daba lugar a:

|          |         |                     |          |         |
|----------|---------|---------------------|----------|---------|
| DO4-RE4  | 9/8     | Tono Pitagórico     | DO4-RE4  | 9/8     |
| RE4-MI4  | 9/8     | Tono Pitagórico     | DO4-MI4  | 81/64   |
| MI4-FA4  | 256/243 | Semitono Pitagórico | DO4-FA4  | 4/3     |
| FA4-SOL4 | 9/8     | Tono Pitagórico     | DO4-SOL4 | 3/2     |
| SOL4-LA4 | 9/8     | Tono Pitagórico     | DO4-LA4  | 27/16   |
| LA4-SI4  | 9/8     | Tono Pitagórico     | DO4-SI4  | 243/128 |
| SI4-DO5  | 256/243 | Semitono Pitagórico | DO4-DO5  | 2/1     |

Esta escala, puesto que tiene una sola clase de tono, no presenta tantos inconvenientes como la de Aristógenes-Zarlino. Aunque su afinación no es justa con respecto a la escala de los armónicos.

### Escala Temperada

Representa una fórmula intermedia entre las escalas de Aristógenes-Zarlino y la de Pitágoras. El procedimiento adoptado para su construcción se debe al matemático alemán **Florence Chladni** (1756-1827) que estableció un intervalo constante llamado semitono cuyo valor era 1,0594631. Mediante su procedimiento se consiguió una escala cromática de doce sonidos cuya suma de intervalos era igual al intervalo de octava. Aunque la escala temperada no contiene intervalos perfectos, resulta más regular que la de Aristógenes o la de Pitágoras.

El sistema de escala temperada es el más empleado por sus ventajas teóricas y prácticas, aunque es también el más pobre por eliminar algunas notas consideradas naturales y que venían dadas por la escala de los armónicos. La ventaja del sistema temperado radica en la posibilidad de modular a cualquier tonalidad sin necesidad de pasar por intervalos que están en la *quinta del lobo*. No obstante, las octavas son justas, las quintas son pequeñas y las terceras muy grandes, lo que acarrea demasiados problemas en los acordes mayores. Precisamente la

desafinación de las terceras fue la responsable de que se retrasase su aplicación durante casi dos siglos. También es cierto que es preferible la perfección en las quintas antes que en las terceras.

## CONSONANCIA Y DISONANCIA

### Aproximación histórica

La obtención de combinaciones de frecuencias agradables al oído ha sido una constante de la composición musical. Los sonidos que cumplen esta condición se les llama consonantes. La disonancia es sencillamente la falta de consonancia (Los armónicos números 7, 9, 11, 13, 14 y 15 son desagradables y por tanto disonantes).

El concepto de consonancia ha evolucionado a lo largo de la historia. La opinión de algunos teóricos representa la evolución en este pensamiento:

- **Tyndall** (1867) decía que cuando más simple es la relación de frecuencias entre los sonidos, más consonante será el intervalo que conforman.
- **Helmholtz** (1877) explicó la consonancia y disonancia apoyándose exclusivamente en la presencia o ausencia de batidos que se producían entre los sonidos fundamentales y sus armónicos.
- **Bekesy y Plomp** (1965) aportaron que la presencia de batidos no siempre es desagradable. Si la frecuencia es baja, el oído aprecia un trémolo y no una disonancia. Dos sonidos lo suficientemente distantes producirán sensación de *aspereza* o *rugosidad*. Se denomina *banda crítica* al campo de frecuencias dentro del que se perciben la sonoridad áspera y los batidos.

### Consonancia perceptiva y consonancia musical

Cuando hablemos de consonancia y disonancia habremos de diferenciar si se plantea la cuestión desde el punto de vista de la percepción o, desde la búsqueda de la consonancia musical, consonancia que con la música también ha evolucionado a lo largo de la historia.

Para entender bien las distintas interpretaciones sobre la consonancia deberemos abordarla desde las teorías cognitivas o desde las teorías perceptivas psicoacústicas.

### Introducción histórica

• Hace 2500 años que Pitágoras propuso un enigma sobre el fenómeno que acompañaba a la consonancia a partir de una fragua y los golpes de unos herreros. Este fenómeno le hizo construir un monocordio que le permitió estudiar el comportamiento de las cuerdas y con la combinación de más de una cuerda el estudio de las consonancias o disonancias entre los intervalos que conformaban. La interpretación de Pitágoras era del todo abstracta (no sabía de frecuencias, sólo de medidas y relaciones) puesto que propuso como base de la interpretación de las *consonancias y disonancias la afinidad abstracta entre las notas*. Esta consonancia no era ni melódica ni armónica, era cosmológica.

|               |                             |
|---------------|-----------------------------|
| Consonancias: | Octava, quinta y cuarta.    |
| Disonancias:  | El resto de los intervalos. |

- Con la aparición de la polifonía llegó la idea de *consonancia entre los intervalos*, intervalos de notas que suenan simultáneamente.

|                           |                              |
|---------------------------|------------------------------|
| Consonancias perfectas:   | Unísono y octava.            |
| Consonancias medianas:    | Quinta y cuarta.             |
| Consonancias imperfectas: | Tercera mayor y menor.       |
| Disonancias imperfectas:  | Sexta mayor y séptima menor. |
| Disonancias medianas:     | Segunda mayor y sexta menor. |

|                        |   |
|------------------------|---|
| Disonancias perfectas: | Segunda menor, tritono y séptima mayor. |
|------------------------|---|

- En el siglo XVI y con la aparición de las reglas del contrapunto surgió la *consonancia funcional*. Dependiendo de la función desarrollada en cada momento entenderemos que el resultado sea más o menos consonante.

|                           |   |
|---------------------------|---|
| Consonancias perfectas:   | Unísono, octava y quinta.                                       |
| Consonancias imperfectas: | Tercera mayor y menor, sexta mayor y menor.                     |
| Disonancias:              | Cuarta, segunda mayor y menor, séptima mayor y menor y tritono. |

### Teorías perceptivas psicoacústicas

La teoría de la consonancia de Helmholtz (1877) estaba basada en la estimación de la rugosidad de los intervalos formados por dos sonidos complejos. La rugosidad casi no aparecía en los unísonos, octavas, quintas y cuartas. La fuerte rugosidad se presentaba en las segundas, séptimas y en el tritono.

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Consonancias absolutas:   | Octava.                       |
| Consonancias perfectas:   | Quinta y cuarta.              |
| Consonancias medias:      | Tercera mayor y sexta mayor.  |
| Consonancias imperfectas: | Tercera menor y sexta menor.  |
| Disonancias:              | Segundas, séptimas y tritono. |

### Teorías perceptivas cognitivas

Las teorías cognitivas sobre la consonancia musical están ligadas a la existencia de jerarquías entre las notas. En la música occidental la tonalidad define una serie de notas que dependen siempre de la fundamental. También existen jerarquías entre las notas debidas a los acordes. La música esta orquestada siguiendo la búsqueda de tensiones y distensiones que conllevan la consecuencia de procesos consonantes o disonantes.

La existencia de jerarquías tonales y la interpretación basada en las reglas cognitivas, muestra que la percepción de la consonancia de un acorde en un contexto determinado depende, no solamente de sus características perceptivas, sino también de las estructuras psicológicas y cognitivas abstractas.

### Percepción de la consonancia

Las teorías perceptivas de la consonancia estaban directamente ligadas al campo de la experimentación:

- Uno de los primeros experimentos fue clasificar los intervalos formados por dos notas de una misma octava según su consonancia. En 1918, **Malmberg** utilizó un grupo formado por músicos y por oyentes experimentados. Las indicaciones de fusión, dulzura, pureza y mezcla se utilizaron para definir los intervalos propuestos. Los resultados fueron unánimes entre los doce expertos de acuerdo con la tabla de consonancias de Helmholtz de 1877:

|                           |                               |
|---------------------------|-------------------------------|
| Consonancias absolutas:   | Octava.                       |
| Consonancias perfectas:   | Quinta y cuarta.              |
| Consonancias medias:      | Tercera mayor y sexta mayor.  |
| Consonancias imperfectas: | Tercera menor y sexta menor.  |
| Disonancias:              | Segundas, séptimas y tritono. |

- Otro estudio apoyado directamente en la influencia de la formación y relación cultural con la música occidental fueron los juicios de consonancia de intervalos realizados por

**Butler y Daston** en 1963. Comparaciones sobre consonancia en intervalos de dos notas fueron demandadas a 53 estudiantes americanos. El resultado fue claro, la escala obtenida era idéntica a la de los expertos de Malmberg.

- Otra prueba determinante fue realizada a 308 japoneses. En este caso se comprobó cuales estaban familiarizados con la música oriental y cuales con la occidental. Los resultados también fueron idénticos a todos los anteriores en ambos casos.

Todos estos estudios vinieron a determinar que la consonancia de los intervalos tiene una realidad perceptiva, sin que le afecten las consideraciones de formación implícita o explícita. Esta consonancia podría ser considerada como consonancia sensorial y la escala musical así obtenida estaría construida a partir de la rugosidad de sus intervalos.

Otro aspecto importante en el estudio de la consonancia son los movimientos de tensión y relajación presentes en toda la música de nuestros tiempos. Los estudios de **Bigand, Parncutt** y **Lerdahl** en 1996 intentaron determinar el grado de tensión de un acorde que formaba parte de una serie de cuatro (acordes encadenados). Los resultados experimentales determinaron los efectos de la jerarquía tonal en todos los auditores, todavía más acentuada en los músicos. Quedó claro que un gran número de factores intervienen en la percepción de los movimientos de tensión y distensión en secuencias de acordes propios de la música tonal: los factores psicoacústicos determinan la consonancia sensorial siempre teniendo en cuenta la influencia de las jerarquías tonales adquiridas en parte por el bagaje cultural que tienen los auditores.

También se analizó la sensación de consonancia debida al temperamento. Intervalos musicales tan importantes como la tercera y la quinta o el acorde mayor y menor, auténticos puntos de apoyo de la armonía actual, están condicionados por la presencia de rugosidad. **Vos**, en 1986, demostró que las quintas o las terceras afectaban a la sensación de consonancia en el acorde mayor. El temperamento degrada más la pureza en la quinta que en la tercera. El intervalo justo es el que provoca menos rugosidad y el temperamento de la quinta comporta más rugosidad que el de la tercera. **Mathews, Pierce** y **Roberts** en 1987 profundizaron en estos resultados. Comprobaron el efecto del temperamento en los acordes mayores (4/5/6) y menores (10/12/15). También probaron otros acordes que contienen notas no propias de la gama diatónica: (3/5/7 y 5/7/9). El resultado les llevó a dos tipos de auditores, los puros (que prefieren la ausencia de temperamento o lo que es lo mismo, rugosidad) y los ricos (aquellos que prefieren un poco de rugosidad como un aspecto que enriquece el gusto personal).

Otros estudios han incidido en el estudio de la consonancia entre intervalos de sonidos inarmónicos en los que la rugosidad determina las relaciones de consonancia. Las conclusiones conducen a asegurar que la educación musical tiene poca influencia en los resultados obtenidos.

Los estudios realizados hasta nuestros días nos permiten concluir que la rugosidad es la responsable máxima de la sensación de consonancia por encima de los conocimientos y formación cultural de los auditores.

## **DESARROLLO**

### **ESTUDIO PSICOACÚSTICO DE LA PERCEPCIÓN DE LA CONSONANCIA MUSICAL SOBRE LA REFERENCIA DE LOS TEMPERAMENTOS ZARLINO Y TEMPERADO**

El estudio comparado de la consonancia en las dos escalas más representativas a partir de métodos psicocacústicos puede ayudar en una mejor comprensión del comportamiento físico-musical de las mismas y, sin duda, aportar nuevos datos al estudio del fenómeno de la percepción.

La propuesta que planteo a continuación forma parte de un trabajo de investigación de los estudios de doctorado en la especialidad de música que, por encontrarse en el proceso de encuestas, presentará los resultados finales en el **Congreso TECNIACÚSTICA 2006**.

El experimento se plantea a personas normales que dividiremos en dos grandes grupos: formadas musicalmente y no formadas musicalmente. En el primero será interesante apreciar si existen diferencias entre los músicos con oído absoluto y los que lo tienen relativo. De los no formados se plantearía a personas adultas y a niños. Por tanto, tendremos cuatro tipos distintos de auditores y los resultados serán las medias aritméticas de cada uno de estos grupos.

En una primera fase obtendremos muestras de sonidos que obtendremos de un **piano Roland HP 3700** que ofrece la posibilidad de sonar en cada una de las escalas (Temperada, y Zarlino). Estas muestras se grabaran en un soporte adecuado y se presentaran a una audiencia seleccionada a la que se someterá una encuesta. Una vez realizadas las grabaciones, se procederá a la comprobación y análisis de frecuencias de todo lo grabado.

De acuerdo con las investigaciones de **Savart** (1830) el tiempo necesario para percibir correctamente los sonidos no deberá ser demasiado corto. También tendremos en cuenta los estudios de **Stevens** (1935) manteniendo la intensidad constante a lo largo de todo el estudio, puesto que un aumento de intensidad puede causar un cambio de sentido en la percepción del tono.

Las encuestas a los auditores irán encaminadas a que entre parejas de sonidos, intervalos, acordes o serie de acordes decidan el mayor grado de consonancia. Es de suma importancia que los resultados sean lo más subjetivos posible y, por tanto, no se les comunicará información alguna sobre todo lo que van a escuchar. La elección entre una u otra propuesta tendrá que ver con la mayor o menor sensación de consonancia (agradabilidad, estabilidad, pureza, fusión, mezcla correcta...) por parte del auditor.

Los sonidos a utilizar, sin seguir orden alguno (en los sistemas Temperado y Zarlino alternados de forma aleatoria), serán los siguientes:

- Acorde Mayor
- Acorde Menor
- Intervalos formados por la Tónica en la escala mayor con la Tercera, Cuarta, Quinta y Octava.
- Tritono (grados tercero y séptimo de la escala mayor).
- Enlace de cuatro acordes mayores sobre los grados I, IV, V, I.

Una vez realizadas las encuestas se obtendrá la media aritmética de cada grupo y se relacionará con los datos obtenidos mediante el análisis de frecuencias y con las conclusiones de otros estudios relacionados en este campo de la consonancia musical.

Finalmente, y tras la realización de un estudio comparativo de los resultados, se hará la evaluación para llegar a las conclusiones del experimento psicoacústico planteado.

## CONCLUSIÓN

La presente propuesta es un resumen del trabajo realizado hasta el momento. Constituye una parte de lo que se presentará en el Congreso TECNIAACÚSTICA 2006 de Gandia, puesto que en este momento estamos en la fase de realización de encuestas.

## BIBLIOGRAFIA

BALSACH, LI. (1994): La convergència harmònica. Morfogènesi dels accords i de les escales musicals. Barcelona. <http://www.webcom.com/musics/articulo.htm>.

CALVO-MANZANO, A. (1991): *Acústica Físico-Musical*. Real Musical. Madrid.

CONDAMINES, R. (1985): *Acoustique psycho-physique*. Masson. París.

LEVY, F.(1998): *Une approche pythagoricienne de la perception culturelle des intervalles. Cahiers des philosophies du langage n°3- Philosophie et musique.* L'Harmattan. Paris. Pag. 43 a 71.

McADAMS, S.(1993): *Introduction à la cognition auditive.* En: *Penser les sons.* Oxford University Press. Oxford.

MERINO, M. (2003): *Concepto moderno de la consonancia musical. Revista de Acústica N°34.* Sociedad Española de Acústica. CSIC. Madrid. <http://www.ia.csic.es/Sea/revista1-2.2003.htm>.

OLAZABAL, T. de (1954): *Acústica musical y organológica.* Ricordi. Buenos Aires.

PRESSNITZER, D. (2003): *Perception de rugosité psychoacoustique: D'un attribut élémentaire de l'audition à l'écoute musicale.* Tesis: Acústica. Universidad de Paris. <http://mediatheque.ircam.fr/thèse.html>.