

La acústica musical como herramienta de educación y prevención ante el ruido

**M^a Ángeles Bermell
Vicente Alonso**

Departamento de Didáctica de la Expresión
Musical, Plástica y Corporal
Universidad de Valencia

Resumen:

Muchas de las actividades productivas y de ocio desarrollan en mayor o menor medida una manifestación de energía liberada que dañan no sólo el oído humano sino que afectan a su estado psicofisiológico. Nuestro estudio se ha centrado en la acústica musical y en la importancia de su repercusión en determinadas áreas cerebrales. Por lo que desde la formación del profesorado sugerimos procedimientos para prevenir enfermedades e informar de la importancia de la experiencia musical como recurso y vehículo para desarrollar una correcta percepción auditiva. Y se ha demostrado que para conseguir una buena acústica, hay que valorar la calidad de los distintos tipos de salas junto con los diferentes estilos de música.

Palabras clave: Intervención musical, educación, prevención, enfermedades, sonido, ruido.

Abstract:

Many of the productive activities and of leisure, development in more or less measure a manifestation of released energy that not only damage the human hearing but also they affect to the psychophysiological state. Our study has focused on musical acoustics and the importance of their impact in certain brain areas. As from teacher education suggest procedures to prevent disease and report the importance of musical experience as a resource and a proper vehicle for developing auditive perception. And it has been proved to assure good sound, to value the quality of different types of concert halls with different styles of music.

Key Words: Musical intervention, education, prevention, illnesses, sound, noise.

(Fecha de recepción: abril, 2010, y de aceptación: septiembre, 2010)

Introducción

En la antigüedad, filósofos griegos como Aristóteles (c. 384-322 AC) y Chrysippus (c. 240 AC) teorizaron sobre la naturaleza del sonido. En 1657, Gaspare P. Schotto en su libro “*Magiae Universalis*” publicado en Herbipoli, actual Wurzburg (Alemania), describió ejemplos de análisis de ondas sonoras, así como su generación de instrumentos basados en agua.

El comienzo del estudio científico de las ondas acústicas se suele atribuir al francés Marin Mersenne (**1638-1688**), considerado el padre de la acústica, y a Galileo Galilei (1564-1642) con sus “*Discursos Matemáticos concernientes a dos nuevas ciencias*”. Isaac Newton (1642-1727) desarrolló la teoría matemática de la propagación del sonido en su “*Principia*” en 1686. Después, transcurrió mucho tiempo hasta que en el siglo XIX, los trabajos realizados por Stokes, Thomson, Lamb, Tyndall, Kundt y otros precedieron el importante desarrollo de Helmholtz (1868) en su “*Teoría fisiológica de la música*”. Más tarde llegaría el tratado de Lord Rayleigh “*Teoría del Sonido*” 1877 y en la primera mitad del siglo XX, las investigaciones en Acústica, Electroacústica y Psicoacústica.

Podemos conceptualizar la acústica como la ciencia que estudia la producción, transmisión y percepción del sonido tanto en el intervalo de la audición humana como en las frecuencias ultrasónicas e infrasónicas, informando de sus repercusiones en la calidad de vida. Se analiza la transmisión sonora, la sensibilidad del oído humano y su pro-

pagación en el cerebro atendiendo a la perspectiva neuropsicológica.

Debido a la variedad de sus aplicaciones, el sonido ha despertado interés en: la voz, música, grabación y reproducción de sonido, telefonía, refuerzo acústico, control de ruido, audiología, acústica arquitectónica, submarina, aplicaciones médicas, rehabilitación y terapias. Por su naturaleza, constituye una ciencia multidisciplinaria y su estudio comprende un amplio espectro de posibilidades.

La experiencia de la música ha llegado a una serie de herramientas útiles en la formación del profesorado, las cuales son de interés para prevenir la contaminación acústica, especialmente desde el proceso de la audición, es decir, saber escuchar.

La acústica musical en la formación del profesorado.

Orientar y formar al futuro maestro de la importancia de la acústica musical en la actualidad es una de las competencias que se deben diseñar para prevenir el consumo de la contaminación acústica, evaluando su repercusión en el desarrollo del ser humano.

Desde el ambiente del recién nacido que cuenta con numerosos elementos musicales hasta las emociones más íntimas, “el potencial de la música reside en el desarrollo neurofisiológico del cerebro”, por lo que, el entrenamiento musical nos lleva a activar procesos neuronales. De esta forma sabemos que la música juega un papel crucial en nuestras vidas como oyentes y ejecu-

tantes, ya que cambia nuestro estado de ánimo (Bharucha, Curtis y Paroo, 2006), estimulando aspectos neurofisiológicos, cognitivos, motores, y favoreciendo el desarrollo de la personalidad (Bermell, 2003).

La audición es el procedimiento sensorial más efectivo en los niños, ya que desarrolla el uso fluido del lenguaje hablado y la comunicación significativa. Es el canal más adecuado a través del cual puede adquirirse el habla. Fridman (1997), indica que el primer grito de un recién nacido abarca saltos de más de dos octavas y aproximadamente más de 12 sonidos conjuntos que oscilan y se repiten varias veces, siendo el sonido inicial más agudo que los sucesivos. Inicialmente es mayor la sensibilidad del bebé a las frecuencias bajas que a las altas, y durante sus primeros meses de vida mejora más su sensibilidad ante los agudos que ante los graves, dando lugar al mismo tiempo a la movilización rítmica de los pies y las manos, comenzando a imitar los sonidos y captando el contenido expresivo. El ritmo y la altura del sonido afectan su sensibilidad a pesar de que aún no captará el significado de las palabras (Alonso, 2003).

También, en términos de educación especial, se han obtenido mejores resultados con la aplicación de la música, en el campo lingüístico, físico, emotivo y como consecuencia social. Su aplicación en la actualidad han sido los adelantos científico-tecnológicos en el campo de la terapia auditiva, permitiendo a los terapeutas de la audición y el lenguaje, desarrollar métodos de rehabilitación, para que cada vez más pacientes con impedimentos auditivos puedan recu-

perar en cierta medida el sentido del oído o adquirir la capacidad de hablar. En algunos casos se utiliza la terapia auditivo-verbal que consiste en la implantación, de un auxiliar auditivo en niños con problemas de oído, junto con un programa educativo musical-verbal que estimula el aprendizaje significativo del lenguaje hablado.

Los procedimientos con música en la actualidad, cubren expectativas en el campo de la investigación relacionados con la educación, terapias y comunicación, siendo el sonido el hilo conductor para mejorar o modificar conductas.

Los procesos de escucha musical se basan en la evaluación sistemática de la percepción y el análisis cognitivo de la música. Estos procesos musicales investigados hasta la fecha, junto con la neurociencia básica y clínica, sugieren que la escucha musical implica muchos componentes cognitivos en diferentes substratos cerebrales. Lo más relevante es que cada uno de los componentes del sonido se procesa en distintas estructuras cerebrales. Como consecuencia, el objetivo de muchas investigaciones ha sido y es, identificar las diferentes estructuras encargadas del procesamiento sobre todo de la altura, el timbre y la estructura temporal, así como determinar qué áreas nos permiten reconocer el material musical familiar.

La altura ha sido considerada como un componente fundamental de la música en todas las culturas humanas conocidas (McDermott, 2005). Los ensayos publicados muestran una clara lateralización derecha en el procesamiento de la información relacionada con esta pro-

riedad sonora. Los estudios indican una gran respuesta de actividad cerebral en la circunvolución de Heschl en el córtex auditivo secundario, lo cual parece indicar que en este punto se encuentra el “centro de la altura” (Gutschalk, 2002; Penagos, 2004). El procesamiento de los intervalos también implica la activación de la circunvolución de Heschl, el plano temporal y la conjunción parieto-temporal. El análisis de melodías se asocia al lóbulo temporal-superior, la circunvolución de Heschl, el plano temporal, la conjunción parieto-temporal y la circunvolución temporal superior anterior (Milner, 1962). El análisis de la estructura tonal (acordes y armonías) se rige por las reglas que determina la tonalidad. El procesamiento tonal se asocia al hemisferio derecho, en concreto a la circunvolución de Heschl, al plano temporal, la conjunción parieto-temporal, la ínsula, giro temporal superior anterior y el opérculo frontal (Patterson, 2004; Bendor, 2005).

En la percepción normal del timbre se observa una preeminencia de las áreas auditivas no primarias al igual que en el procesamiento de la altura, tales como el plano temporal y el lóbulo parietal (Menon, 2002; Warren, 2005). Estas investigaciones justifican la aplicación de la acústica a la educación y más aún en la educación especial, siendo la base primordial de cualquier programa de estimulación, o de un óptimo avance, debido a que el oído es uno de los primeros sentidos que se desarrolla y orienta otros sentidos.

El cerebro humano está estructurado de modo que puede seleccionar de entre un conjunto de estímulos un

número limitado que forman su centro de interés, e irá desarrollando las áreas perceptivas a través de la estimulación de los cinco sentidos. ¿Cómo estimular la percepción auditiva?. En primer lugar, mediante el timbre de la madre y el sonido. Cuando existe una deficiencia visual se puede orientar mediante el sonido, creando un programa de sonidos básicos para su estimulación. Por lo tanto, una correcta constancia perceptual involucra la acústica del sonido ya que estas actividades trabajan los mecanismos de reconocimiento, distinción e identificación de los rasgos comunes que constituyen la caracterización de la fuente del sonido y de ésta forma poder estimular disfunciones o áreas dañadas (Bermell, 2004).

Si comparamos el violín con los demás instrumentos, tiene un sonido envolvente que ha permitido elaborar el método First-Star o la primera escuela materna. Estos sonidos deben actuar a partir de las tres primeras semanas de embarazo, mejorando e incrementando el desarrollo de la inteligencia del neonato compartiendo esta escucha con la madre y en un ambiente confortable de aquellos miembros de la familia que participan en la audición.

La repercusión del ruido en las zonas urbanas

La exposición prolongada a sonidos fuertes (incluyendo la música) es la causa más común de la pérdida evitable de la audición. Algunas investigaciones sugieren que los aparatos de audio portátiles, como reproductores de música y

teléfonos móviles, que se utilizan a un volumen alto durante un tiempo prolongado, pueden llevar a una pérdida de audición permanente causada por el ruido. Esto incluye, el uso de auriculares (incluyendo audífonos y Bluetooth u otros aparatos móviles). La exposición a sonidos muy fuertes también se ha asociado, en algunos estudios, con el tinnitus (zumbido en los oídos), la hipersensibilidad al sonido y la audición distorsionada. También hay que tener en cuenta, que varía la susceptibilidad individual con la pérdida de la audición, provocada por el ruido y otros posibles problemas de audición. Las vibraciones y el ruido generan en la actualidad efectos crónicos sobre la salud. Es lo que llamamos “contaminación acústica”. Según la O.C.D.E., 130.000.000 de habitantes de sus países miembros, se encuentran con nivel sonoro superior a 65 decibelios (db), límite aceptado por la OMS y otros 300.000.000 residen en zonas de incomodidad acústica entre 55-65 db. España, detrás de Japón es el segundo país con más índice de población expuesta a altos niveles de ruido. Casi 9.000.000 de españoles soportan niveles superiores a 65db, encontrándose entre las preocupaciones como la inseguridad ciudadana, falta de aparcamiento, etc.

La estructura socioeconómica y geográfica de un asentamiento humano en términos generales contiene un 80% del nivel de ruidos, debido a vehículos a motor, el 10% a las industrias, el 6% a ferrocarriles y el 4% locales públicos (pub, bares, talleres, etc.)?. Hemos de añadir que la cantidad de 16.000.000 de vehículos, genera un ruido especial-

mente intenso producido por el roce del neumático con la calzada. La exposición continuada al ruido produce pérdida progresiva en la capacidad auditiva, sean industrias o la utilización habitual de los walkmans, motos y discotecas de forma regular.

Para desarrollar un aprendizaje desde la más tierna edad, contamos con el impacto del sonido en determinadas áreas cerebrales, lo que nos lleva a desterrar el ruido que genera efectos nocivos, incluso pueden llegar a ser crónicos dependiendo de la relación de los ambientes familiares, de ocio y laborales. Por ejemplo, el bebé, los niños, personas con trastornos, etc., de forma preventiva se les debe aislar de la continua exposición de ruidos domésticos, porque inciden de forma diaria sobre la salud, dependiendo de la sensibilidad de cada persona. En éste sentido presentamos algunos de los efectos nocivos que produce el ruido con ánimo de que sirva para las actuaciones profesionales del docente.

- a) Sistema cardiovascular: alteraciones del ritmo cardíaco, riesgo coronario, hipertensión arterial y excitabilidad vascular por efectos de carácter neurovegetativo.
- b) Glándulas endocrinas: alteraciones hipofisiarias y aumento de la secreción de adrenalina.
- c) Aparato digestivo: incremento de enfermedad gastroduodenal por tener dificultades para el descanso.
- e) Otras afecciones como el incremento inductor del estrés, aumento de alteraciones mentales, actitudes

o tendencias agresivas, dificultades de observación, concentración, rendimiento y como consecuencia accidentes.

- f) La sordera, reconocida como enfermedad profesional debido a los niveles de 90 dB, y superiores mantenidos siempre que se constate la relación causa – efecto.

Las legislaciones europeas marcan como límite aceptable 65db durante el día y 55db durante la noche. Si la capacidad auditiva se deteriora entre 75db y 125db, cuando se sobrepasa estos 125 ya se produce un nivel doloroso que llega hasta los 140db. Podemos comparar algunos ejemplos de niveles de sonido:

El trinar de los pájaros	10db
Claxon del automóvil	90db
Rumor de hojas de árboles	20db
Claxon de autobús	100db
Conversación normal	50db
Motos sin silenciador	115db
Ambiente oficina	70db
Taladradores	120db
Tráfico rodado	85db
Umbral del dolor	140db

El cuadro nos muestra una problemática que podemos combatirla bajo dos ámbitos: *el de la educación con atención especial a la música y la incorporación de la misma donde el ruido sea menos efectivo*. En este sentido, la programación de audiciones y la aplicación de estudios acústicos en una planificación urbanística, daría lugar a disminuir la

contaminación acústica en la escuela, hospitales, industrias, hogares, zonas de recreo, cumpliéndose uno de los objetivos de la década del desarrollo sostenible. Tanto un estudio como otro son medidas preventivas, rentables, económicas y socialmente efectivas que se deben consolidar ya desde el hogar, para prevenir desde la primera infancia hasta la tercera edad.

La acústica al servicio de las salas de concierto

Para comprender mejor la repercusión del sonido en la educación y en nuestra salud, podemos analizar en cómo la onda sonora responde y que ejemplos son los más observables:

Un sonido agradable está producido por vibraciones regulares y periódicas. En cambio, el ruido es complejo, una mezcla de diferentes frecuencias o notas sin relación armónica que dan una sensación confusa, sin entonación determinada, que molesta y que cada vez más produce contaminación acústica perjudicando la salud.

La *Acústica Musical* es aquella parte de la ciencia que trata del estudio de las relaciones entre ésta ciencia y el arte musical. También trata el estudio de los principios de las distintas teorías musicales, de los problemas sonoros y de la constitución y funcionamiento de los instrumentos musicales (organología). Al igual que el uso de los sistemas de grabación, de la modificación electrónica de la música y el estudio de su percepción, donde se hace imprescindible

ble la relación entre el arte musical y la ciencia acústica.

El profesional en música necesita conocer las leyes que rigen los principios físicos, por lo que, la teoría de este arte se inicia con el estudio del hecho sonoro y de las diversas formas de su producción.

Para valorar el proceso de la transmisión de las ondas sonoras en la música, hay que tener en cuenta unos parámetros realmente complejos. Por una parte se debe basar en los criterios subjetivos de la audiencia y por otra, en su dependencia con la composición musical. Por lo que, para poder evaluar la calidad acústica, es necesario conocer la opinión de los oyentes.

La calidad acústica de un lugar de escucha depende de características diversas (volumen, superficie, forma, coeficiente de absorción, direccionalidad y emplazamiento de la fuente) que, junto a las propiedades perceptivas del oído humano, establecen los dos caminos para abordar el problema: a) el estudio psicológico de los propios oyentes en el que intervienen las características del canal auditivo humano, de comportamiento complejo, puesto que depende de variables difícilmente cuantificables. b) El proceso de transmisión sonora en la sala de conciertos, que depende de factores característicos del recinto, factores inherentes a la propagación sonora y factores determinantes sobre la fuente, siendo éstos los factores más “influyentes” sobre la fuente sonora musical (emplazamiento de la orquesta, número de ejecutantes, la disposición y tipos de instrumentos). Por otra parte, esos factores son los que contribuyen a

que una sala no sea “buena” o “mala” para la música, sino buena o mala para “cierto” tipo de música (agrupaciones vocales o instrumentales, música de cámara, etc.).

Según Giménez, Romero, Marín y Sanchis (2000), la complejidad de la composición musical y del mecanismo auditivo, han creado diferentes escuelas: *Dresden, Berlín, Gottingen* y *Japón* entre las que destacamos a investigadores como *Ando, Baxa, Cremer, Gottlob, Siebrasse, Lehman, Wilkers*, etc. Se han seleccionado los diferentes parámetros de calificación para salas de conciertos en tres grupos:

- Criterios energéticos para la calidad *TRANSPARENCIA*
- Criterios temporales para la calidad *REVERBERACIÓN*
- Criterios espaciales para la *IMPRESIÓN* y *SENSACIÓN DE ESPACIO*

Los criterios cualitativos han sido establecidos por Beranek (1996) en su estudio realizado sobre las mejores salas de conciertos de todo el mundo (*Intimidad, Vivacidad, Calor, Brillo, Sonoridad, Claridad*).

El diseño de las salas destinadas a la interpretación musical es sin duda más complejo desde el punto de vista acústico, debido a que no existe fórmula magistral. Cada tipo de música requiere un recinto con características acústicas específicas diferenciadas y depende de la naturaleza del material ya que la propagación de las ondas, en parte es absorbida por los obstáculos, otra es transmitida a través del mismo y otra parte es reflejada. Las reflexiones se

van produciendo sucesivamente entre paredes, techo, suelo, que se superponen al sonido original. La mayoría de parámetros pueden ser calculados en la fase de diseño con programas informáticos de simulación acústica que se pueden medir una vez construido el recinto.

Nos llama la atención la existencia de una dificultad, acrecentada por la falta de un lenguaje común y universal entre los diferentes colectivos involucrados como músicos, críticos musicales y consultores acústicos, donde no se consigue enmarcar a los educadores, maestros, profesores, como puntos de apoyo en el arte de desarrollar hábitos para saber escuchar.

Los recintos considerados unánimemente como excelentes desde un punto de vista acústico han sido elegidos como patrón, sin tener en cuenta las preguntas adecuadas a todos y a cada una de las personas que han permanecido en la sala durante el concierto, donde casi seguro habría respuestas sobre puntos de la sala “zonas muertas” o acústica deficiente. La aplicación del concepto de reverberación, se define como el tiempo que transcurre desde que el foco emisor se detiene hasta que el nivel de presión sonora cae 60dB, y que en general depende de la frecuencia, dando lugar a una valoración subjetiva que indica el grado de reverberación, o de forma coloquial la “viveza de la sala”.

Siguiendo el estudio sobre la valoración de una buena acústica, nos encontramos que el tiempo de reverberación (RT) se modifica según la interpretación de la música, es decir, si el periodo es Barroco (1600-1750), Clásico (1750-

1820), con un tiempo de reverberación entre 1,6 – 1,8; Música de Cámara con un 1,3 – 1,7 y Ópera, con 1,2 – 1,5 contribuyendo a que la sala sea destinada exclusivamente.

Es obvio que la música en directo no perjudica, pero además se admite formalmente el protocolo específico de acústica según el programa de concierto. ¿Sería posible implementar un método sencillo para los centros de educación?.

Conclusión

En la actualidad existe una gran necesidad de combatir la contaminación acústica, ya que existen grupos que marcan el consumo mezclado con el placer, que repercute en nuestra calidad de vida provocando los siguientes efectos:

- a) *Fisiológicos* en el aparato auditivo y alteraciones en la coordinación del sistema nervioso central, en el proceso digestivo y en la tensión muscular y presión arterial.
- b) *Psicológicos y Sociales* ya que es un factor de riesgo en la salud sobretodo en los niños y adolescentes con un efecto negativo entre 50 a 60 dB de enfermedades asociadas al estímulo sonoro. Por lo tanto, proponemos en éste estudio la vía de la educación, dando énfasis a la formación del profesorado:
 - Implantar programas para desarrollar una correcta percepción auditiva y sensibilidad hacia la música desde el jardín de infancia, lo que daría lugar a una dis-

minución de los efectos acústicos contaminantes.

- Prevenir el consumo de contaminación, creando una selección de música para colegios, lugares de encuentro al aire libre, industrias, hospitales, etc.

Es importante en esta nueva década, considerar estos datos significativos en las competencias desde la educación ambiental y musical (percepción auditiva). También, hemos expresado la importancia del índice de reverberación de las salas según el programa de concierto, demostrando la importancia de la percepción y la intensidad del sonido sobre la salud. Estos datos nos inducen a investigar la prevención e intervención psicoterapéutica para combatir los efectos del ruido, así como la toma de medidas adecuadas para el disfrute y placer de la música como un recurso de calidad.

Referencias bibliográficas

ALONSO, V. (2003). *Optimización de la atención a través de un programa de intervención musical*. Tesis doctoral. Universidad de Valencia.

BERANEK, L. L. (1996). Concert and Opera Halls, ACOUSTICAL SOCIETY OF AMERICA.

BERMELL, M. Á. (2003). La experiencia de la música y la danza con la calidad de vida: programa de intervención. *Música y Educación. Revista trimestral de Pedagogía. Madrid*.

BERMELL, M. Á. (2004). Bases de la investigación musical. *Música*

y Educación. Revista trimestral de Pedagogía. Madrid.

BENDOR, D.; WANG, X. (2005). The neuronal representation of pitch in primate auditory cortex. *Nature*, 436: 1161–5.

BHARUCHA, J.; CURTI, M. y PAROO, K. (2006). Varieties of musical experience. *Cognition* (100) 131-172.

FRIDMAN, R. (1997). *La música para el niño por nacer*. Salamanca: Amarú Ediciones.

GIMENEZ, A.; ROMERO, J.; MARÍN, A. y SANCHIS, A. (2000). Valoración de parámetros subjetivos que miden la calidad de salas de conciertos por la respuesta de los oyentes. *Técnica Acústica*. Universidad Politécnica de Valencia.

GUTSCHALK, A.; PATTERSON, R.D.; RUPP, A.; UPPENKAMP, S.; SCHERG, M. (2002). Sustained magnetic fields reveal separate sites for sound level and temporal regularity in human auditory cortex. *Neuroimage*, 15: 207–16.

LINDSAY, R.B. (1964). *Journal of Acoustical Society of America*. 36, 2242.

MCDERMOTT, J.; HAUSER, M. (2005). The origins of music: innateness, development, and evolution. *Music Percept.* 23: 29–59.

MENON, V.; LEVITIN, D.J.; SMITH, B.K.; LEMBKE, A.; KRASNOW, B.D.; GLAZER, D. et al. (2002). Neural correlates of timbre change in harmonic sounds. *Neuroimage*, 17: 1742–54.

- MILNER, B. (1962). Laterality effects in audition. In: Mountcastle VB, editor. Interhemispheric relations and cerebral dominance. Baltimore: Johns Hopkins University Press.
- PATTERSON, R.D.; UPPENKAMP, S.; JOHNSRUDE, I.S.; GRIFFITHS, T.D. (2004). The processing of temporal pitch and melody information in auditory cortex. *Neuron*, 36: 767–76.
- PENAGOS, H.; MELCHER, J.R.; OXENHAM, A.J. (2004). A neural representation of pitch salience in nonprimary human auditory cortex revealed with functional magnetic resonance imaging. *J Neurosci*, 24: 6810–15.
- WARREN, J.D.; JENNINGS, A.R.; GRIFFITHS, T.D. (2005). Analysis of the spectral Envelope of sounds by the human brain. *Neuroimage*, 24: 1052–7.
- <http://adrianbarbamoranmdi.wordpress.com/>
- <http://www.juntadeandalucia.es/averroes/29701428/salud/contactu.htm>
- <http://www.unex.es/sociolog/mas/alumnos/ruido/efectos.html>