

## El fonetograma como instrumento objetivo de análisis y evaluación de la voz. Principales aplicaciones en el campo de la música y de su enseñanza

Edmon Elgström  
Universidad de Barcelona.

*El fonetograma es un instrumento creado para el análisis y la rehabilitación de la voz a nivel clínico que posibilita conocer gráficamente y evaluar objetivamente el estado de los parámetros que conforman la gama vocal de una persona. En este artículo se describe detalladamente el origen, la evolución, el funcionamiento y las posibles aplicaciones que la técnica del fonetograma puede ofrecer al campo de la música y de su enseñanza, como alternativa a los tradicionales sistemas subjetivos de evaluación de la voz que, basados únicamente en la percepción auditiva, se emplean actualmente en el entorno educativo.*

### **The phonetogram as an objective instrument of analysis and evaluation of the voice. The main applications in the field of music and its teaching**

*The phonetagram is an instrument created for the analysis and the rehabilitation of the voice on a clinical level which offers the possibility to graphically understand and objectively evaluate the state of the parameters that form a persons vocal range. In this article we describe the origin, the evaluation, the functioning and the possible applications that the phonetagram technique can offer the field of music and its teaching as an alternative to traditional systems of evaluation of the voice that are based only on aural perception and that are presently used in the educational environment.*

Tanto en el campo de la música como en el de su enseñanza, especialmente cuando se trata de medir y evaluar los avances producidos en la voz cantada, todavía en la actualidad suelen aplicarse unos sistemas de medición de carácter subjetivo. Por ejemplo, y sin ir más lejos, en una entidad coral, sea del tipo que fuere, el director procede a clasificar las voces de los cantores y a adscribirlas a una determinada cuerda sin disponer de ninguna referencia más que la que le proporciona su propio oído. Así mismo, los maestros de canto y los profesores de música en general, aunque de diferente manera, también se guían únicamente por su oído para clasificar los diferentes tipos de voces y para valorar los avances, o los retrocesos, realizados en las voces de sus alumnos sin recurrir, tampoco, a ningún tipo de prueba específica y objetiva que les permita conocer exactamente las frecuencias y las intensidades que pueden emitir sus estudiantes en los diferentes momentos de la carrera.

Sin embargo, y desde hace bastantes años, ya existen diversos tipos de instrumentos de medición de la voz que, surgidos del campo médico, permiten conocer de una manera totalmente objetiva y con una gran exactitud diferentes parámetros de la voz humana. De entre estos instrumentos destaca el fonetograma, que permite conocer la situación exacta de una determinada voz, tanto a nivel de la emisión de frecuen-

cias como de intensidades de dichas frecuencias, y nos ofrece la posibilidad de reemplazar los actuales sistemas de medición de la voz por otros más objetivos, concretamente cuando de la evaluación de estos parámetros se trate.

A través de este artículo se pretende divulgar, tanto entre músicos como entre los profesionales de la enseñanza de la música, el uso de la técnica del fonetograma como medio de análisis de la voz, especialmente con la intención de mejorar los procesos didácticos de la enseñanza de la música. Por consiguiente, a lo largo de este artículo, se realizará una descripción minuciosa del instrumento y una exposición de las principales aplicaciones del fonetograma en el campo de la música y de su docencia, especificando según sea el caso de cada uno de los diferentes colectivos las prestaciones que dicha prueba puede aportarles

Con el objetivo de facilitar la comprensión y la efectividad de este instrumento se mostrarán una selección de fonetogramas representativos, obtenidos en el transcurso de las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Fonética Aplicada de la División de Ciencias de la Educación de la Universitat de Barcelona, en cuyo centro, dirigido por el Dr. Francisco José Cantero, se desarrolla actualmente una intensa labor investigadora.

### Descripción del instrumento

La fonetometría es una prueba que consiste en la medición del volumen o nivel de presión sonora en decibelios, tanto máximo como mínimo, que una persona puede emitir y mantener, al menos durante dos segundos, en un sonido determinado (Gramming en Gamboa et al., 1996). En consecuencia, el fonetograma es la representación gráfica de la conducta vocal de una persona realizada a partir de la medición de dos parámetros objetivos y cuantificables, la intensidad y la frecuencia, cuyos resultados se registran en un diagrama cartesiano. En concreto, en el programa Dr. Speech Sciencie para windows -versión 4.0- de la Tiger Electronics Inc, en el eje de abscisas, o eje horizontal, se representan las frecuencias recogidas desde los 32,7 Hz. hasta los 2.097 Hz., margen de sonidos que, expresados en términos musicales, comprenden un total de seis octavas. En el eje de ordenadas, o eje vertical, se representan los niveles de presión sonora, es decir las intensidades mínima y máxima a la que es posible emitir cada una de las frecuencias recogidas y que va desde los 40 dB. hasta los a 120 dB.

La gráfica que expresa los resultados de la medición está constituida por dos curvas, una superior y otra inferior, que indican respectivamente los niveles de presión sonora máximos y mínimos que es capaz

de emitir la persona explorada. Una vez realizada la medición, y para obtener el campo vocal completo, tan sólo es necesario unir estas dos curvas. En el fonetograma, el límite izquierdo del campo vocal corresponde a las frecuencias más graves que la persona a quien se realiza la exploración es capaz de entonar, y el límite derecho al sonido más agudo que ésta puede emitir (Gamboa et al., 1996). Obsérvense, como muestra, los diferentes tipos de gráficas que aparecen en los fonetogramas adjuntados al final del artículo, en los que se pueden apreciar los dos perfiles de presión sonora que configuran el fonetograma.

El fonetograma lo emplean médicos otorrinolaringólogos y foniatras, tanto en voces sanas como en voces patológicas, para evaluar la función vocal y determinar la gama vocal de una persona. El carácter gráfico en el que se expresan los resultados de esta prueba es de gran utilidad, puesto que permite conocer y observar con una gran exactitud la evolución de la gama vocal de una persona durante un determinado periodo de tiempo, llegando incluso a demostrar la existencia de un mínimo cambio en cualquiera de los dos parámetros, tanto sea a nivel de frecuencias como de intensidades, o bien en ambos, hecho que valorado subjetivamente sería totalmente imperceptible.

### Origen y evolución del fonetograma

Este instrumento, desde su creación, ha sido designado con distintos nombres. El primer nombre con el que se conoció, curva vocal, tal vez refiriéndose a la expresión gráfica del resultado de la prueba, fue descrito por Calvet (1953). Algunos años más tarde, en 1972, Komiyama (Perelló, 1996) llamó a este procedimiento fonograma, siendo él mismo quien, cinco años más tarde, apuntó la posibilidad de aplicar un mecanismo que posibilitara inscribir automáticamente las curvas en lugar de realizar este procedimiento de una manera manual. Finalmente, en 1977, Dejonckere (Perelló, 1996) lo llamó fonetograma, siendo este nombre con el que se le conoce en la actualidad. En inglés, el término acuñado es *Voice Range Profile*. Así aparece, por ejemplo, en el instrumento comercializado por la casa Kay El.

Esta técnica de medición empezó realizándose manualmente y con la única ayuda de dos instrumentos: un piano, o bien un teclado, y un sonómetro. Mientras que el primero de los instrumentos, escogido indistintamente entre ambas posibilidades, era el que se utilizaba para facilitar las diferentes frecuencias -semitono a semitono- que la persona estudiada debía reproducir; el segundo instrumento, el sonómetro, era el aparato en el que se podían medir las diferentes intensidades, mínima y máxima, en que eran emitidas las diferentes frecuencias o sonidos. Este procedimiento, que manualmente era lento, incrementaba su

duración si la persona que realizaba la medición no disponía de ayuda para desarrollar las diferentes tareas que comportaba esta prueba: producir primero las diferentes frecuencias, observar después en el sonómetro el resultado de los diferentes sonidos emitidos, mínimo y máximo, y finalmente anotarlos uno a uno en el preciso momento de su emisión, de una manera manual, en un diagrama cartesiano, localizando cada vez la correspondiente coordenada hasta confeccionar la gama vocal completa de la persona estudiada.

### El fonetograma en la actualidad

La llegada de las nuevas tecnologías ha simplificado enormemente el mecanismo de producción del fonetograma, tanto en las tareas de realización de esta prueba como en el tiempo empleado en éstas. Así pues, en lo que respecta propiamente al mecanismo de la prueba, en la actualidad tan sólo se necesita disponer de un programa informático especializado<sup>2</sup> instalado en un ordenador personal, al que se le debe incorporar un micrófono. El propio programa permite producir los sonidos que la persona explorada debe reproducir y además recoge y registra automáticamente en el diagrama cartesiano la totalidad de las frecuencias y de sus respectivas intensidades expresadas en el transcurso de la medición de la persona evaluada. Este programa permite en todo momento observar gráficamente en el monitor la localización exacta en el diagrama cartesiano de cada una de las frecuencias expresadas en el momento exacto de su emisión y siempre acompañadas de la indicación de medidas; tanto de frecuencia, en Hz., como de intensidad, en dB.

En lo que respecta al tiempo empleado en la realización de la prueba de medición, siempre y cuando la persona a la que se le realiza disponga de buen oído, la duración media empleada en la realización del fonetograma es de unos treinta minutos aproximadamente, incluida la información inicial que debe ser facilitada previa a la prueba. En este sentido, los médicos investigadores Kent y Rosembeck (Fernández González, 1996) observaron que una de las causas que influye directamente en la variación de los resultados de esta prueba, además de la motivación y de la práctica, está relacionada con las instrucciones previas que, sobre el funcionamiento del fonetograma, ha recibido la persona explorada. En consecuencia, para garantizar el éxito de la medición es necesario, y previamente al inicio de la prueba, informar a cada persona examinada de una serie de cuestiones, especialmente cuando se trate de la primera medición realizada. Cuestiones básicamente relacionadas con las normas básicas del funcionamiento de la prueba, además de una breve pero detallada descripción del proceso de medición que se va a realizar.

### Aportaciones del fonetograma en el ámbito musical y pedagógico

Las aportaciones más destacadas del fonetograma como instrumento de evaluación de la voz en el campo de la música y de su enseñanza son las siguientes:

- Conocer con precisión el campo o gama vocal de una persona en un momento dado, entendiéndose por este tanto la totalidad de las frecuencias como el nivel de intensidad de dichas frecuencias. Obsérvense en los fonetogramas situados al final de este trabajo diferentes tipos de gamas vocales.
- Valorar objetivamente la evolución de la gama vocal de una persona, tanto sea a nivel de frecuencias como de intensidades, comparando los resultados de los fonetogramas efectuados inicialmente con los efectuados con posterioridad; considerando, de ser el caso, el papel que ha ejercido el trabajo vocal realizado en el aumento del campo vocal. Observando y comparando los fonetogramas números 3 y 4 se puede apreciar una diferencia considerable en el campo vocal producida por el trabajo vocal y la práctica. Ambos ejemplos pertenecen a un mismo tipo de voz: la de un bajo. El fonetograma número 3 corresponde a un estudiante de canto y fue realizado en el transcurso del primer año de estudio. El fonetograma número 4 pertenece a un estudiante de canto que, hallándose en el quinto curso de la carrera, ya presenta un campo vocal propio de una voz cultivada.
- Conocer las posibilidades y las limitaciones vocales a partir del mapa vocal que presenta una persona respecto a las características de un determinado repertorio vocal. A este respecto, obsérvese en el fonetograma número 1 la imposibilidad que presenta, en el momento de la medición, la persona explorada para interpretar una melodía que contenga frecuencias o sonidos más agudos que el *mi bemol* del índice 4.
- Establecer la tesitura<sup>3</sup> que más se adapta a un determinado campo vocal, soprano, mezzosoprano, contralto, tenor, barítono o bajo, en función a la zona de mayor amplitud en la emisión de intensidades. Obsérvense los fonetogramas número 2 y 4 en los cuales se puede apreciar claramente unas tesituras de soprano y de bajo, respectivamente.
- Apreciar las notas de paso entre los diferentes registros de la voz<sup>4</sup>, representadas, a nivel gráfico, con una muesca o estrechamiento del nivel de intensidad de las curvas o perfiles vocales. Mientras que en el caso de voces cultivadas estas muescas prácticamente no se observan, en las voces sin cultivar se pueden apreciar claramente uno o dos estrechamientos que corresponden a las notas de paso entre los diferentes registros (Le Huche y

Allali, 1994). Obsérvense atentamente en el fonetograma número 3 las dos notas de paso o estrechamientos existentes en la gama vocal. La primera muesca, en el lado izquierdo del fonetograma, está localizada en la nota la 1 y es el punto de paso inferior entre la voz de pecho y la voz mixta. La segunda muesca, localizada en la nota *si bemol 2* representa la nota de paso entre la voz mixta y la voz de cabeza.

### Principales usuarios de las prestaciones del fonetograma en el campo de la música y de su docencia

El fonetograma se consolida como uno de los principales instrumentos objetivos de auténtica evaluación de la voz que reemplaza a los métodos de evaluación subjetivos hasta ahora utilizados. En consecuencia, recomendamos especialmente su uso tanto a aquellas personas que estudian o practican el canto, ya sea a nivel profesional como *amateur*, como a aquellas que utilizan la voz como instrumento de intervención didáctica en el proceso de enseñanza-aprendizaje de la música, independientemente de la especialidad de la música que impartan. A todos ellos, esta prueba les permite conocer las características de su campo vocal y al mismo tiempo comprobar la adecuación del mismo en función a las características de los diferentes tipos de actividades que deban desarrollar en cada caso en concreto.

Específicamente, podrían diferenciarse tres colectivos como potenciales usuarios de las prestaciones que ofrece el uso del fonetograma: cantantes y estudiantes de canto, maestros y profesores de música y cantores de agrupaciones corales. A continuación se especifican detalladamente las principales prestaciones que posibilita, en cada caso en concreto, el uso del fonetograma.

#### Cantantes y estudiantes de canto

El uso del fonetograma estaría especialmente indicado para los estudiantes de canto y cantantes profesionales, siendo para ambos un instrumento de referencia obligado. En el caso de los estudiantes, este instrumento les aporta, tanto a ellos como a sus respectivos maestros de canto -las personas responsables de su formación vocal-, una valoración objetiva encaminada a conocer el estado y la evolución que ha experimentado su instrumento y a evaluar los resultados conseguidos mediante un determinado trabajo vocal. Al mismo tiempo, el maestro de canto dispone de otra referencia, además de la que le proporciona su propio oído, para guiar con acierto el trabajo vocal que a partir de ese momento, y en función a la situación vocal reflejada en la medición ob-

jetiva, será necesario desarrollar. Entre los principales aspectos que el fonetograma permite observar, destacamos los que siguen:

- La ampliación de las frecuencias de la gama vocal, tanto en los agudos como en los graves.
- La ampliación de las intensidades a las que se producen las frecuencias, tanto en pianos como en fortes.
- La progresiva desaparición de las zonas de paso entre los diferentes registros.

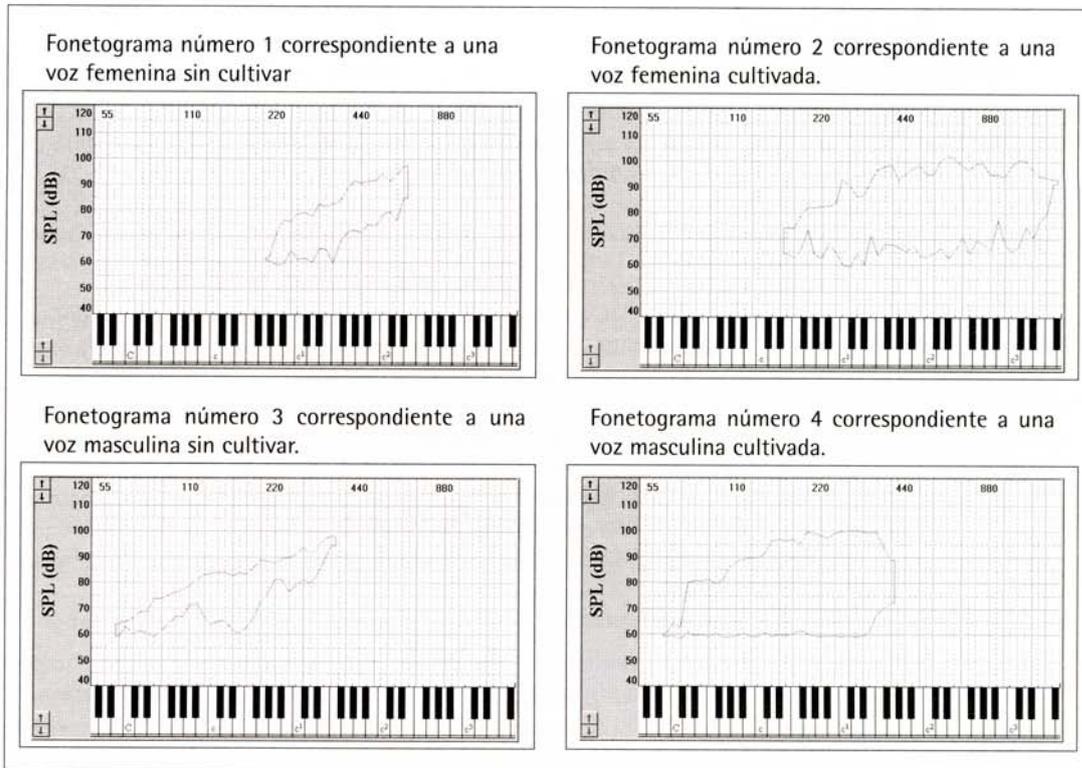
### Maestros y profesores de música

Considerando que «el ejemplo de la voz del profesor cantando influye directamente en la musicalidad y desarrollo auditivo de sus alumnos»<sup>5</sup>, apuntamos como usuarios de esta medición a todos aquellos colectivos de carácter docente que utilizan diariamente la voz como instrumento musical para ofrecer a su alumnado un ejemplo de las melodías que éstos deberán cantar o tocar. Integran este grupo los maestros de educación infantil, los maestros de música de enseñanza primaria, los profesores de música de enseñanza secundaria, los profesores de escuelas de música y los profesores de conservatorios. Todos ellos, mediante esta técnica, podrán comprobar si su gama vocal se adapta a la de su alumnado (aunque sea, como en el caso de las voces masculinas, una octava más baja) y verificar si disponen de una gama vocal suficiente, tanto a nivel de frecuencias como de intensidades, para interpretar cualquier tipo de melodía. En el caso de no existir una gama vocal suficiente, el fonetograma les permite conocer las zonas del campo vocal que, mediante un trabajo vocal adecuado, deben ampliarse hasta conseguir adaptarse completamente a las características del repertorio que deba interpretarse en cada caso en concreto.

### Cantores de agrupaciones corales

En tercer y último lugar recomendamos el uso del fonetograma a todos los cantores miembros de agrupaciones corales (corales juveniles, coros de voces femeninas, coros de voces masculinas, coros de voces mixtas, y orfeones). En este caso, la información facilitada se considera imprescindible para determinar la adscripción de los cantores a una determinada cuerda de las que componen el conjunto vocal. Así mismo, sería recomendable utilizar el fonetograma en caso de cantores con un campo vocal reducido, puesto que la gráfica –dada la sencillez en la que se expresan sus resultados– servirá para demostrarles la conveniencia

Cuadro 1. Diferentes fonetogramas



de ampliar este campo mediante un trabajo vocal adecuado que, desarrollando su gama vocal en todos sus aspectos, les permitirá disfrutar más intensamente de la práctica del canto coral.

### Notas

1. Gama vocal o campo vocal : conjunto de frecuencias, de la más aguda a la más grave, y de intensidades, de la más débil a la más fuerte, que con más o menos facilidad puede emitir una persona.
2. En nuestro caso en concreto ha sido el programa Dr. Speech Sciencie para windows, versión 4.0, de la Tiger Electronics Inc.
3. Tesitura: parte de la gama vocal donde el cantante o cantor se mueve fácilmente y con la máxima sonoridad (Cobeta, 1996).
4. Registro vocal: sucesión homogénea de sonidos que van del más grave al más agudo en la extensión de una voz y que son producidos mediante un mismo proceso mecánico. En la voz cantada se habla de tres registros: el de pecho para las notas graves, el medio o mixto para las notas medias y el de cabeza para las notas agudas (Cobeta, 1996). Los puntos de transición de un registro a otro son denominados notas de paso. En la voz humana pueden existir dos tipos de notas de paso: el punto de paso inferior, entre la voz de pecho y la voz media o mixta, y el punto de paso superior, entre la voz mixta y la voz de cabeza.
5. En SANUY, M. (1994): *Aula Sonora*. Madrid. Morata.

*Referencias  
bibliográficas*

- CALVET, J. (1953): *La Voix*. Maloine. París.
- COBETA, I. (1996): *La voz cantada*. En R. GARCÍA-TAPIA y I. COBETA MARCO (Eds.). *Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz* (pp.357-365). Madrid. Garsi.
- FERNÁNDEZ GONZÁLEZ, S. (1996): *Unidad básica de valoración acústica*. En R. GARCÍA-TAPIA y I. COBETA MARCO (Eds.). *Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz* (pp.186-191). Madrid. Garsi.
- GAMBOA, J.; MARTÍN, C.; DEL PALACIO, A. (1996): *Fonetograma*. En R. GARCÍA-TAPIA y I. COBETA MARCO (Eds.). *Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz* (pp.102-106). Madrid. Garsi.
- JACKSON-MENALDI, C.A. (1996): *Aspectos generales de la voz*. En R. GARCÍA-TAPIA y I. COBETA MARCO (Eds.). *Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de la voz* (pp.205-216). Madrid. Garsi.
- LE HUCHE, F.; ALLALI, A. (1994): *La voz. Vol. 2: Patología vocal: Semiología y disfonías disfuncionales*. Barcelona. Masson.
- PERELLÓ, J. (1982): *Canto-dicción. Audiofoniatría y logopedia*. Barcelona. Científico Médica.
- PERELLÓ, J. (1996): *Evaluación de la voz, lenguaje y audición*. Barcelona. Lebón.

*Dirección  
de contacto*

Edmon Elgström. Departamento de Didáctica de la Expresión Musical y Corporal. Universidad de Barcelona. Tel.: 937 786 093.