

NUEVAS TENDENCIAS EN EVALUACIÓN DE LA VOZ

ANDRÉS ORTEGA TRAVERSARO

Centro de Voz

Hospital Clínico FACH

RESUMEN

El conocimiento actual del complejo mecanismo vocal y de la microestructura de los pliegues vocales ha posibilitado el desarrollo tecnológico de una gran variedad de métodos de valoración para el diagnóstico y tratamiento del paciente con trastornos de voz. En este artículo, se exponen en forma didáctica los distintos métodos de estudio y análisis para el paciente con disfonía. Se incluyen también los aspectos esenciales a considerar en la evaluación audio-perceptual, en el estudio de la función laríngea, en el análisis fonético acústico y en la evaluación de la voz cantada.

Palabras clave: trastornos de la voz, evaluación, fonética clínica.

ABSTRACT

Current knowledge on the complexity of the vocal system and on the microstructure of the vocal folds has favoured the development of varied technical resources for the diagnosis and treatment of the patient with voice disorders. This paper offers a review of the most important methods for the study and analysis of the dysphonic patient. Essential information on auditive-perceptual assessment, laryngeal function study, acoustic phonetic analysis, and singing voice assessment are also included.

Key words: voice disorders, assessment, clinical phonetics.

INTRODUCCIÓN

La voz, como todos sabemos, es una importante forma de transmitir adecuadamente todo aquello que deseamos comunicar y es de una complejidad y delicadeza extrema. La voz es una de las funciones más elevadas que solamente posee el hombre, al menos con tanta sutileza, ductilidad y precisión (Morrison & Rammage, 1996).

En el pasado dependíamos ampliamente de la labor manual. Hoy dependemos de la destreza en comunicación, audición, voz, habla y lenguaje. Según Dejonckere (1998) más del 20 % de la población activa utiliza su voz como herramienta esencial para su actividad profesional, "todos ellos necesitan constantemente enseñar, explicar, convencer, persuadir, decidir, movilizar, tocar y encantar, es decir, seducir con sus voces".

Básicamente, la voz se produce a partir de la sonorización del aire almacenado en nuestros pulmones. Esta fuente de energía, al pasar por los pliegues vocales, provoca que estos se acerquen y se separen a gran velocidad, emitiendo así un sonido fundamental que luego será modificado por la acción de los resonadores, que son los constituyentes esenciales de la voz humana propiamente tal.

Correspondencia: Dr. Andrés Ortega T., Otorrinolaringólogo, Fellow in Voice Pathology. Avda. 11 de Septiembre 1363, oficina 702, Providencia, Santiago. Email: aortegat@seorl.net

La voz humana es el resultado de la compleja interacción de un sofisticado mecanismo valvular laríngeo y la posterior interacción de energía a través del aparato resonador faringo-bucal. Esta compleja interacción es susceptible de ser descompuesta y analizada, obteniéndose valiosa información para el equipo multidisciplinario que atiende los problemas de voz.

Hasta hace relativamente poco tiempo, la valoración objetiva y exacta de la voz era inexistente. No había métodos capaces de objetivar adecuadamente los fenómenos morfofuncionales que acontecen en la laringe ni sistemas capaces de cuantificar los parámetros que integran la voz. Actualmente, se dispone de sofisticados métodos para visualizar la función laríngea y para analizar la voz a través de la descomposición del sonido producido en la emisión vocal (Augspach, 2000).

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Producción de la voz y estructura del pliegue vocal

Los 3 componentes básicos para la emisión vocal son:

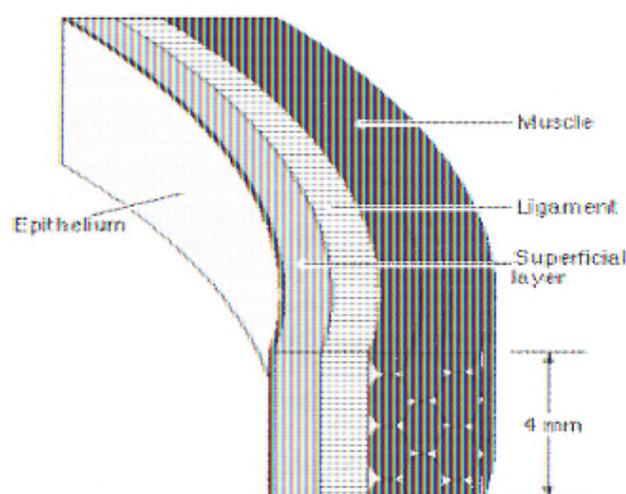
- a) Un impulsador de aire, que actúa como fuente del sonido generando la presión subglótica necesaria para que este flujo se transforme en sonido.
- b) Un vibrador que tenga una estructura y características que permitan generar una resistencia y provocar un flujo alternante, convirtiendo la energía aerodinámica en una fuente de sonido con un tono fundamental, modificable de acuerdo al cambio de estructura del sofisticado vibrador.
- c) Un componente que modifique el tono fundamental, actuando como filtro, enriqueciendo algunos armónicos que son múltiplos de la frecuencia fundamental y amortiguando otros, produciendo así los fenómenos acústicos que conocemos como la voz humana.

Estructura del pliegue vocal: el profundo conocimiento histológico y de la microestructura de las cuerdas vocales ha sido fundamental en la comprensión de la función de los pliegues vocales. Ha permitido interpretar la visualización del fenómeno oscilatorio de los pliegues, así como lograr grandes avances en la microfonocirugía y control de la patología orgánica de cuerdas vocales. En el adulto con habla normal, las cuerdas están formadas por 3 capas, las cuales, desde la más superficial a la más profunda, son (figura 1):

1. *Epitelio:* escamoso, estratificado celularmente y adaptado para manejar la lubricación y viscosidad como su factor más crítico. Asegura su unión hacia la lámina propia a través de la recientemente descubierta membrana basal gracias a la presencia de uniones desmosómicas.
2. *Lámina propia:* se divide en a) capa superficial, la cual está constituida por fibras muy laxas, responsable del adecuado fenómeno oscilatorio de las cuerdas vocales (se denomina también Espacio de Reinke); b) capa intermedia, compuesta por fibras elásticas que corren paralelas al borde libre de la cuerda vocal y c) capa profunda, formada sobre todo por fibras de colágeno. Estas dos últimas forman el llamado ligamento vocal.
3. *Fibras del músculo estriado tiroaritenoides:* constituyen la estructura mecánica más rígida del pliegue vocal.

Como se puede observar en la composición de cada capa de la cuerda vocal, existe un cambio gradual en la rigidez del sistema desde la muy flexible capa superficial de la lámina propia hasta el rígido músculo vocal. Esta diferencia se traduce en propiedades mecánicas diferentes y, por lo tanto, en diferentes características vibratorias.

Figura. 1
Esquema de la microestructura del pliegue vocal



ESTUDIO CLÍNICO DE LOS TRASTORNOS DE LA VOZ

Se dispone de los siguientes procedimientos: evaluación audioperceptual, estudio de la fisiología, estudio aerodinámico de la función vocal, análisis acústico de la voz, estudio de la

1. Evaluación audioperceptual

La valoración perceptual de la voz, llamada también Psicoacústica, consiste en la percepción subjetiva de las características de la voz del sujeto en función de la experiencia y los conocimientos del examinador. Comienza desde el mismo momento en que el paciente llega al consultorio y el clínico inicia la entrevista (Dejonckere, 2000).

Es difícil decir si una voz es normal y, más difícil todavía, indicar cómo debe ser en una persona determinada para considerarla normal. Existen voces que en una persona pueden ser normales, pero que en otras llamarían la atención. Cuando alguien consulta por un trastorno de su voz es evidente que le preocupa su sonido, bien porque piense que puede ser una enfermedad, porque no le resulte adecuada para su actividad laboral o social o, simplemente, porque no le guste (Casado, 2002).

Sobre los criterios de voz normal se puede destacar lo propuesto por Aronson (1975) que dice: "...hay alteración de la voz cuando difiere de las voces de otras personas del mismo sexo, similar edad y grupo cultural en timbre, tono, volumen y flexibilidad en la dicción. En otras palabras, la voz normal, con criterios objetivos y absolutos, no existe".

Particularmente, en un protocolo de evaluación perceptual desde el punto de vista del clínico usado en nuestra clínica, se utilizan principalmente los dos métodos siguientes:

A. Escala de GRABS: es uno de los protocolos perceptuales más conocidos y se basa en lo que procede de su publicación en la obra de Hirano (1981) *Clinical evaluation of voice quality*. Esta escala mide los parámetros, cada uno de los cuales se clasifica en una escala que oscila entre 0 (ausencia) y 4 (presencia máxima). Muy estudiada, tiene la ventaja de ser utilizada en una práctica clínica para que los médicos aprecien la calidad de la voz. Las correlaciones intrajueces

son satisfactorias especialmente para G, R y B (véase más adelante). Los parámetros de la Escala GRBAS son los siguientes:

Grado (Grade): grado del conjunto de las anomalías de la voz.

Ronquera (Rough): calidad de la voz con respecto a la impresión:

- de impulsos glóticos irregulares,
- de un componente de ruido en las frecuencias bajas,
- de una rugosidad (dureza) o fritura (fry).

Dentro de este parámetro, se propone tomar en consideración las fluctuaciones aleatorias del impulso glótico sobre una gran extensión de la Fo (frecuencia fundamental) y las anomalías que interesan a ciertos grupos de Fo, como la diplofonía.

Soplo (Breathy): calidad de la voz en relación con un ruido de turbulencia audible, producido en la glotis por un escape de aire.

Fatiga (Asthenic): impresión auditiva de debilidad o de pérdida de potencia en la fonación espontánea; voz hipofuncional, hipocinética.

Forzada (Strained): impresión auditiva de esfuerzo excesivo, tensión en fonación espontánea; voz hiperfuncional, hiperkinética (no está relacionada necesariamente con una voz fuerte).

B. Voice Handicap Index-VHI (Jacobson, Johnson, Grywalsky, Silbergleit, Jacobson & Benninger, 1997) es un inventario psicométrico de la incapacidad y de la minusvalía vocal que puede utilizarse para una gran variedad de patologías. Se han validado 30 preguntas, divididas en 3 grupos, con una puntuación de cero a cuatro. Los tres grupos se refieren a los aspectos funcionales (efecto del problema vocal sobre las actividades cotidianas), los aspectos emocionales (efecto psicológico) y el aspecto psíquico (percepción propia de las características físicas de la voz). El total de cada uno de los tres grupos de preguntas es 40 puntos, con un puntaje total para la prueba de 120 puntos. Permite correlaciones con una escala de calidad de vida, lo que demuestra que la minusvalía derivada de un problema vocal, en el plano social y emocional, es más importante que alguna otra enfermedad (ver anexo).

2. Estudio de la función laríngea

Esta parte de la evaluación considera la cuidadosa observación de la actividad fonatoria laríngea y en particular de la actividad de los pliegues vocales, ya sea de forma directa o indirecta o a través de técnicas fotoacústicas y eléctricas. Los actuales métodos modernos de estudio de la función laríngea se pueden resumir en la siguiente clasificación (Baken & Orlikoff, 2000):

1) Visualización del movimiento de las cuerdas vocales:

- a) Estroboscopia convencional y digital.
- b) Cinematografía.
- c) Videoquimiografía.

2) Correlacionamiento del movimiento vocal:

- a) Fotoglografía.
- b) Electroglografía.
- c) Ultrasonografía.

3) Aerodinámica glótica:

- a) Extracción acústica de la onda glótica:
- b) Flujoglografía.

c) Resistencia laríngea

- 1) Visualización del movimiento de las cuerdas vocales. Es sin lugar a dudas importante y crucial del estudio del paciente disfónico. En la observación de las cuerdas vocales es donde el otorrinolaringólogo concentra la mayor parte de los diagnósticos, para comprobar la presencia o ausencia de patología a nivel de las cuerdas vocales.

1A) Estroboscopia: es el sistema más usado en los laboratorios de voz y, por su bajo costo, el método más accesible de valoración de los pliegues vocales (Baken & Orlikoff, 1997). Se basa en el principio de que la cuerda vocal se abre y se cierra a una velocidad superior a la que puede ser seguida por la retina, por lo que, con la utilización de los clásicos métodos como Fibroscopia, es incapaz de retener más de una imagen cada 0.2 segundos. La estroboscopia genera destellos de luz ligeramente diferentes de la frecuencia fundamental de las cuerdas vocales, con lo que se ilumina una imagen distinta del ciclo vocal en cada momento, dando lugar a una ilusión de movimiento que nos permite observar el ciclo vocal completo y proporcionar una serie de parámetros con fines diagnósticos. El valor de este examen es incalculable, ya que aproximadamente un 20 % de los casos de disfonía requieren de este método para su diagnóstico (Woo, 1997) (figura 2). A pesar de su importancia, la estroboscopia sigue siendo un método de valoración subjetiva, susceptible de ser mejorado gracias a la estroboscopia digital, que nos permite, a través de poderosos softwares, realizar un cuadro a cuadro del ciclo vocal (Ortega, 2002a) (figura 3).

Figura 2
Unidad de análisis estroboscópico, laboratorio de voz, Hospital Clínico

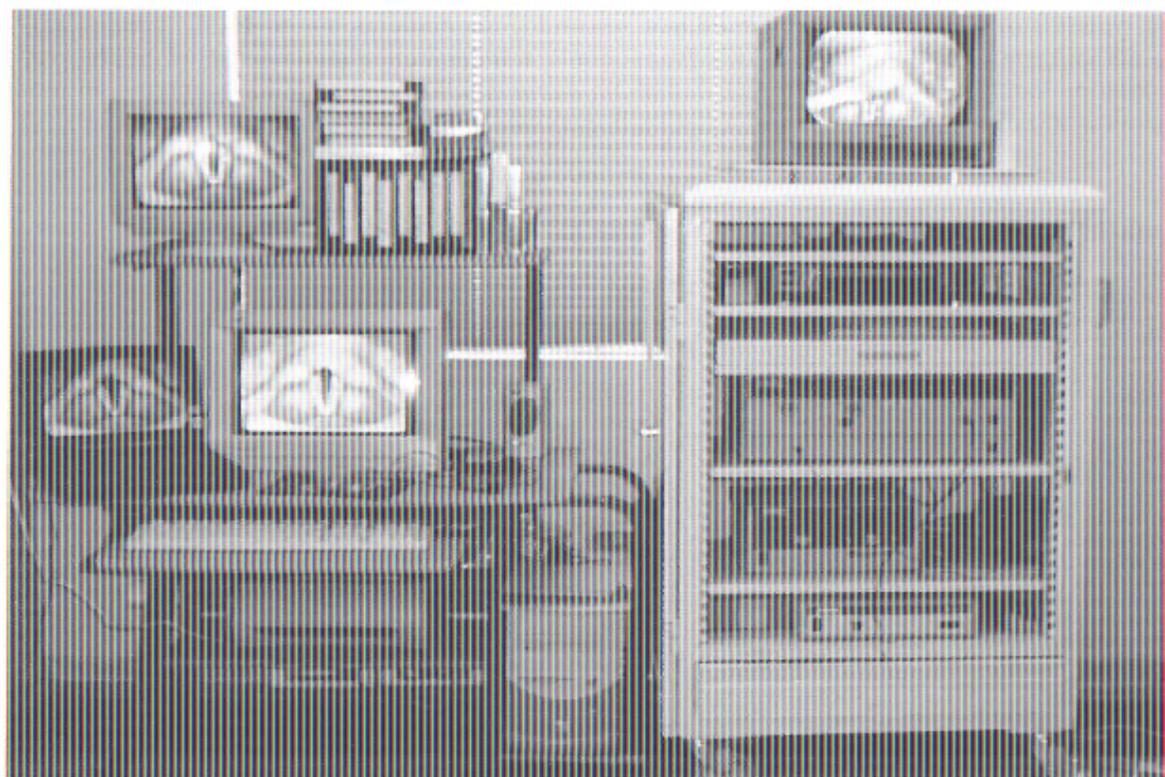


Figura 3
Estudio digital de una grabación estroboscópica

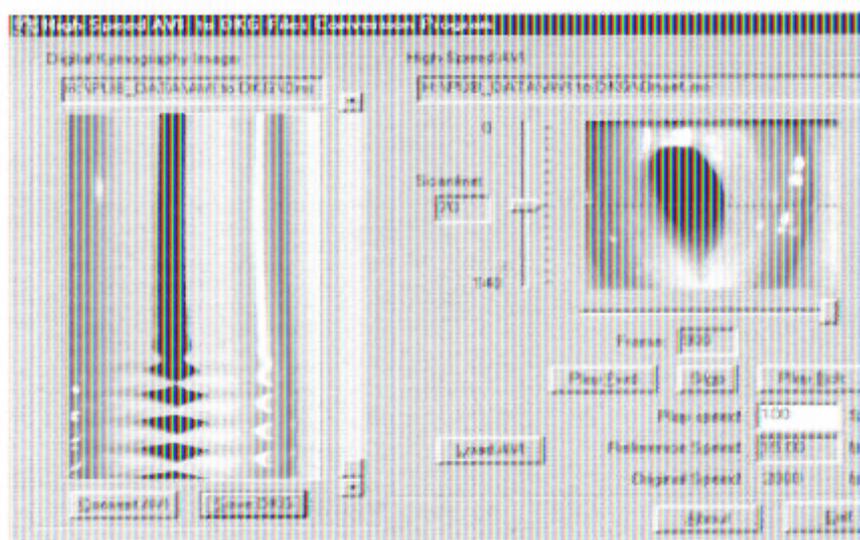


El análisis estroboscópico estudia los siguientes parámetros:

- A) Parámetros estáticos: borde libre de la cuerda vocal, forma y tes mucosidad y altura de las cuerdas vocales.
- B) Parámetros dinámicos: actividad supraglótica; tipo de cierre glótico; o disminución o ausencia; amplitud de excursión; simetría del tiempo vib

IB) Cinematografía: consiste en tecnología cinematográfica para docu vocal ya que filma a una velocidad sobre 50 imágenes por segundo. Si s ultravelocidad se pueden obtener 4.000 imágenes por segundo. Su análisis n con los sistemas de imagen digital de alta velocidad asociado a tecnología co utilidad. Últimamente, los estudios de alta velocidad se están incorporando gracias a su acoplamiento al computador y a una mejor interpretación de sus re

Figura 4
Pantalla de análisis computacional de alta velocidad (Kay El)



1C) Videoquimiografía: utiliza tecnología de televisión en donde la imagen del movimiento vocal es representada a través de líneas (15.750 líneas por segundo). Representa al ciclo vocal en 2 dimensiones, pudiendo identificar en estos planos el movimiento oscilatorio de cada cuerda por separado. La principal ventaja respecto de la estroboscopia es que se pueden registrar movimientos oscilatorios irregulares.

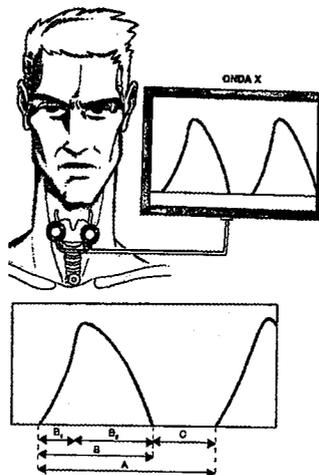
2) Correlacionamiento del movimiento vocal. A pesar de que la visualización del movimiento vocal es el examen crucial para el diagnóstico de los trastornos de voz, no se puede obtener mucha información mediante la observación solamente. El área glótica, así como la cuantificación del área de apertura y de cierre, si bien no reemplazan a la visualización del movimiento vocal, son una importante ayuda fisiológica.

2A) Fotoglografía: el principio de este método es captar la cantidad de luz que atraviesa por la glotis y secundariamente, según la cantidad de luz obtenida por un equipo optoelectrónico, cuantificar el área glótica. La cantidad de luz que atraviesa entre los pliegues vocales genera cambios de voltaje en el receptor ubicado en el cuello. El registro obtenido permite analizar el área glótica total.

2B) Electroglografía: es un método no invasivo que monitorea el movimiento vibratorio de las cuerdas vocales. La técnica mide las variaciones de impedancia que se producen al paso de una débil corriente alterna a través de los tejidos del cuello mediante dos electrodos de contacto situados a ambos lados del cartílago tiroides, a la altura de las cuerdas vocales. La señal obtenida se denomina electroglograma y es proporcional a la superficie de contacto entre ambas cuerdas vocales. La electroglografía se ha utilizado en la clínica en dos campos fundamentales: en la evaluación y diagnóstico de la disfonía y en la rehabilitación de los distintos problemas de la voz (figura 5).

Figura 5

Método de análisis glotográfico y representación de la onda obtenida (Menaldi, 2002)



2C) Ultrasonografía: ocupa los principios básicos del ultrasonido y depende de la densidad de los tejidos que debe atravesar. El continuo movimiento de los pliegues vocales en distintos planos hace de este un complicado método de trabajo, sin embargo con la aplicación de modernos transductores se esperan mejores resultados.

- 3) Aerodinámica glótica. La producción de la fonación se sostiene gracias a la aproximación de las cuerdas vocales en presencia de un adecuado flujo transglótico. Esta variación de presión produce una vibración fonatoria sostenida como consecuencia de un flujo modulado proveniente de los pulmones. Esta variación de parámetros produce mediciones analizables que son reflejo de la actividad glótica. Dada la creciente importancia de las mediciones aerodinámicas, serán revisadas en el punto siguiente (Ortega, 2000).

3. Estudio aerodinámico de la función vocal

Las medidas aerodinámicas, descritas a continuación, son interpretadas como una reflexión de la actividad valvular de la laringe (Colton, 1999). Representan tanto configuración y movimiento, como estructura y función de las cuerdas vocales. La instrumentación usada para las mediciones aerodinámicas explota la relación integral entre presión, flujo y resistencia. El movimiento molecular de aire de una región de mayor densidad a otra de menor densidad es el *flujo*. La fuerza por unidad de área que genera el flujo es la *presión* y el impedimento al flujo es denominado *resistencia*.

Presión subglótica. Es aquella que se encuentra bajo las cuerdas vocales. Es el soporte de fuerza de la fonación y es generado por el aparato pulmonar. Esta presión es variable según el estado de cierre glótico, influenciando el esfuerzo pulmonar necesario para el inicio de la fonación. De este modo, existen patologías que alteran la presión subglótica como resultado de una alteración de la actividad valvular de la laringe (figura 6).

Flujo translaríngeo. Existen 2 mediciones básicas del flujo laríngeo usadas en la producción del habla: volumen de flujo y flujo por unidad de tiempo. El volumen es la cantidad de flujo utilizado para la producción de la fonación como pudiera ser el tiempo máximo de fonación o las mediciones realizadas con espirómetros. La tasa de flujo es menos directa y se requiere la medición de diferencias de presión para calcular este valor (figura 7).

Resistencia laríngea. La combinación de presión y tasa de flujo genera el valor de la resistencia. Resistencia laríngea es el cociente entre el *peak* de presión intraoral v/s la máxima tasa de flujo. Esta medida refleja el real estado de la resistencia glótica y permite averiguar la actividad valvular de la laringe. Los valores deben ser interpretados en combinación con la visualización laríngea.

Figura 6
Medición del *peak* de presión subglótica (Baken & Orlikoff, 2002)

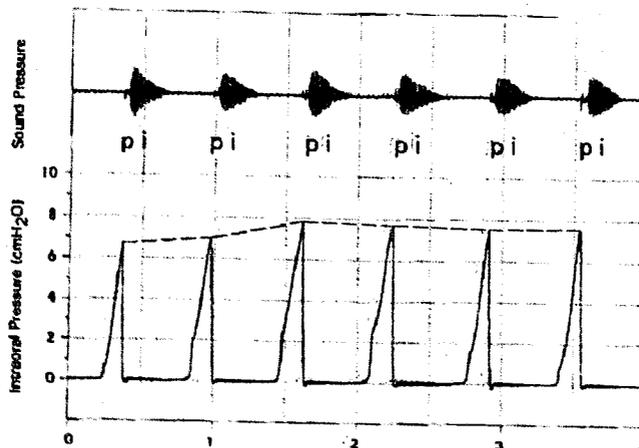
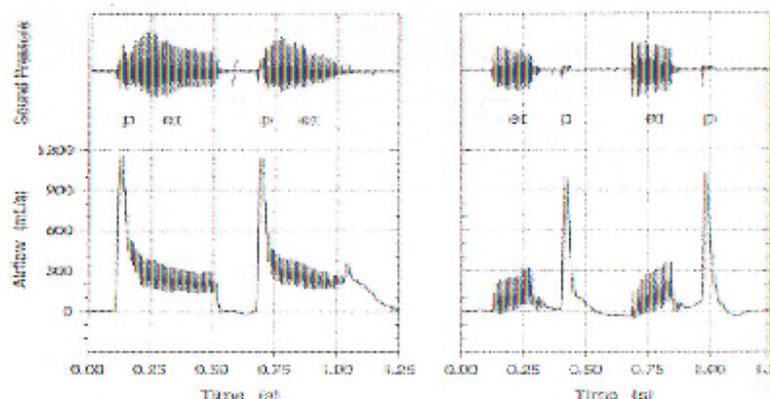


Figura 7
Flujo translaríngeo (Baken & Orlikoff, 2002)



Si bien existen diversos y complejos métodos de medición, solo se comentará el método más utilizado en los principales centros de voz y con los cuales el autor tiene experiencia. La *pneumatografía* consiste en un equipo capaz de registrar en forma simultánea el *peak* de presión subglótica, el flujo translaríngeo y la intensidad. La forma de medición de la presión subglótica se realiza a través de la producción de una explosiva más una vocal en la sílaba /pi/ que se registra. Para esto se coloca un tubo oral entre labios cerrados conectados al conductor de presión y un tubo de catéter oral debe ser colocado cuidadosamente entre los labios. Estos deben estar sellados y no ser ocluidos por la lengua. El *peak* de presión intraoral grabado durante la producción de la explosiva es considerado igual a la presión traqueal. Debido a que después de la explosiva se produce una vocal, se puede registrar el flujo transglótico en la emisión vocal. La relación de amplitud de la vocal genera el valor de la resistencia laríngea. Como en este equipo se registra la intensidad de la vocal se puede extrapolar la eficiencia glótica ya que para cierta intensidad se registra la presión subglótica (figuras 8 y 9).

Figura 8
Medición computarizada aerodinámica (Kay Elemetrics)

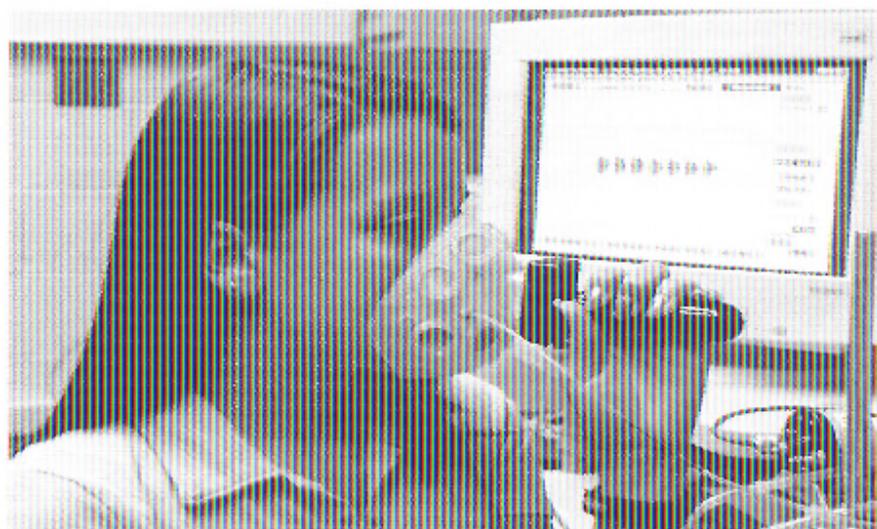
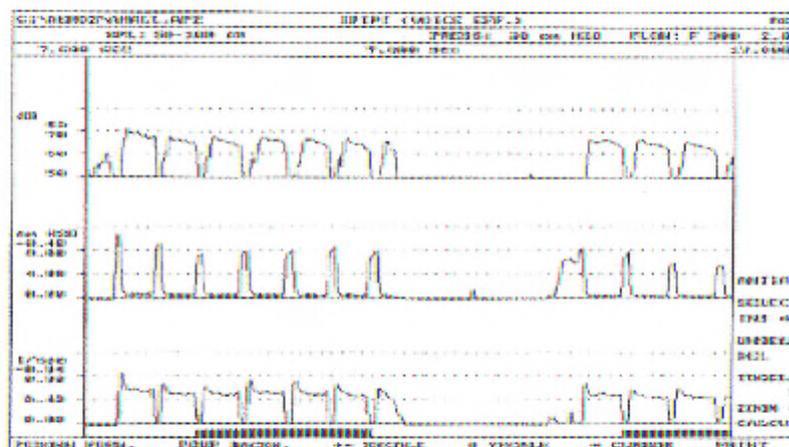


Figura 9
 Resultado de presión + flujo + Intensidad (Ortega, 20



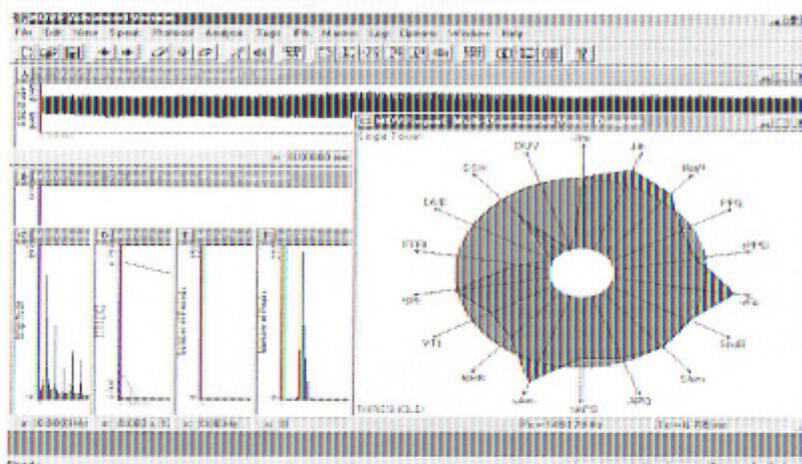
4. Análisis acústico de la voz

El estudio de la señal acústica proporciona información sobre la calidad del habla. El análisis de los principales parámetros acústicos que la componen. Esto es el conocimiento de la fisiología vocal y a la ayuda de nuevos sistemas computacionales.

Un diagnóstico vocal preciso, en estos momentos, no se puede hacer sin un análisis acústico, puesto que este no permite descubrir el origen de una alteración. Este análisis sí tiene su máxima relevancia en la cuantificación de la disfonía, la determinación inicial del grado de disfonía y en su evolución. A pesar de los esfuerzos que están haciendo para que el análisis vocal sirva para hacer el diagnóstico, aún no se sabe a veces algún día con una pequeña grabación de una emisión sí se pueda obtener un diagnóstico preciso.

El procedimiento a seguir en la realización de un estudio acústico consiste en grabar la señal con un micrófono vocal, luego se necesita la digitalización de la señal y finalmente es analizada y procesada a través de un programa computacional.

Figura 10
 Ejemplo de programa computacional: Multidimensional Voice Program (MDVP), gráfico de resultados



Los parámetros acústicos más utilizados son la frecuencia fundamental, la perturbación de la frecuencia (*jitter*), la intensidad, la perturbación de la amplitud (*shimmer*), el índice armónico/ruido (HNR) y el rango de fonación (fonetograma).

Frecuencia fundamental (Fo): es el número de veces que vibran las cuerdas vocales por segundo. La percepción de la Fo es el tono vocal, aunque también puede estar algo influida por la intensidad y por las propiedades espectrales del sonido. La Fo es la repetición mantenida de un ciclo periódico. Se mide en ciclos por segundo (Hz).

La percepción de los cambios de la Fo viene determinada por el tono: cuando se aumenta la Fo se hace más agudo y cuando disminuye se hace más grave. La Fo puede variar dentro de unos límites determinados de forma voluntaria e involuntaria. Existen patologías que aumentan la masa de los pliegues vocales agravando la frecuencia y otras que provocan mayor tensión la agudizan.

Existen cambios que se desarrollan en la Fo a lo largo de la vida del individuo. Los niños y las niñas tienen una Fo parecida (240 Hz) hasta la pubertad en donde los varones tienen un descenso hasta unos 110 Hz (se les pone la voz más grave), mientras que las mujeres se mantienen en unos 210 Hz. Con la edad, la Fo aumenta en los hombres y disminuye en las mujeres (Coleman, Mabis & Hinson, 1977).

Perturbación de la frecuencia (jitter). La frecuencia fundamental puede variar de forma voluntaria, pero la variación que busca este parámetro es aquella que existe entre cada ciclo vocal y el siguiente en una emisión vocal sostenida. En cierta forma, lo que se mide es la estabilidad de la fonación. La ausencia total de variación entre ciclo y ciclo es imposible ya que la laringe no es una máquina perfecta, por lo que se tolera cierta variabilidad, aunque valores muy alterados son sinónimos de patología. A pesar de la gran sensibilidad de este parámetro respecto de voces anormales, se puede alterar por diversas causas: neurológicas, aerodinámicas y mecánicas (lesiones de cuerdas vocales). Particularmente, el *jitter* se expresa en porcentaje y cualquier valor mayor a 5 % se considera una emisión muy caótica y aperiódica, por lo que, en tal caso, se descarta como medida de estudio (Titze, 1994a, 1994b).

Intensidad. Para medir la intensidad vocal de un paciente se emplean los sonómetros, que son instrumentos que transforman la señal acústica recogida mediante un micrófono de precisión tipo condensador en voltaje eléctrico. La señal de salida se transforma, a su vez, en una señal numérica digital de dB SPL.

La intensidad vocal depende básicamente de la presión subglótica, de la resistencia que le opongan las cuerdas vocales y de la situación del tracto vocal. La intensidad media normal de la voz hablada es de 65 dB y el rango de mínima a máxima varía según hombre o mujer, pero se encuentra aproximadamente entre los 50 dB y los 110 dB. En nuestro laboratorio se utilizan mediciones a 30 cm y se calculan promedios de 3 emisiones para obtener mayor confiabilidad.

Perturbación de la amplitud (shimmer). La perturbación de la amplitud, al igual que la de la frecuencia, no es más que la variabilidad que existe entre la amplitud de la onda entre cada ciclo vocal. La perturbación de la amplitud de la señal vocal es lo que se denomina *shimmer* y al igual que el *jitter* es un indicador del grado de disfonía de una voz. El *shimmer* depende principalmente del control de la presión subglótica y al igual que el *jitter* es preferible registrarlo en porcentaje.

Índice armónico-ruido (HNR). Los armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental y se distribuyen en el espectro vocal. Esta energía es ocupada para la emisión vocal y es producto de la Fo que proviene de un adecuado cierre y apertura glótica. Ruido es toda señal que contamina la emisión vocal y que es solo aire o energía no armónica. La relación A/R es el cociente entre la amplitud media de la onda y la amplitud media del ruido considerado aisladamente y su valor se expresa en dB. Por supuesto, una voz muy alterada producto de un muy inadecuado cierre glótico

tendrá mucho ruido y poca energía de armónicos. Esta relación es un excelente indicador de mejoría glótica, especialmente posterior a la microfonocirugía de laringe.

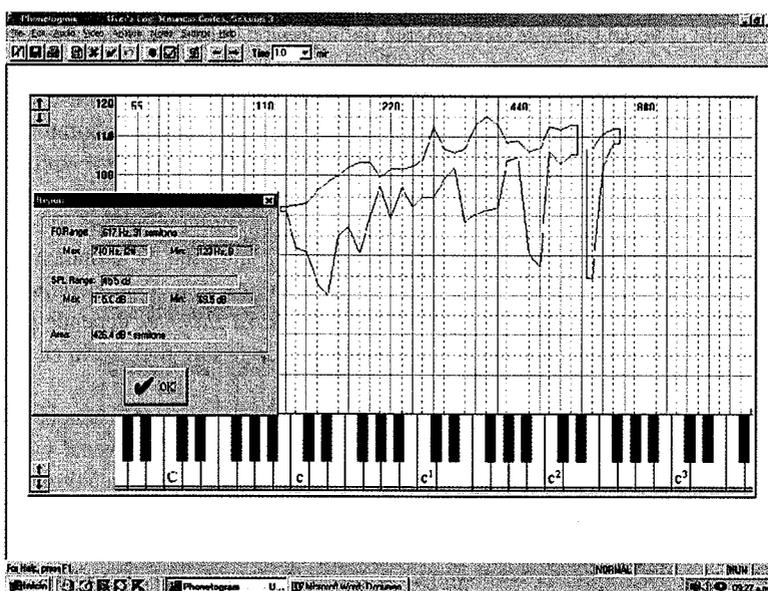
Rango de fonación (Fonetograma). El Fonetograma es la representación gráfica del potencial fonatorio de un individuo. Personalmente, preferimos denominarlo rango de fonación. El rango de fonación mide tanto intensidades y frecuencias mínimas y máximas posibles de emitir en una emisión vocal sostenida (Ortega, 2002b). Para realizar la prueba se dispone de un software denominado Fonetograma (figura 11), capaz de ejecutar la prueba con la emisión adecuada de un glisando de una nota grave a una aguda a la más baja intensidad posible y luego a la más alta posible. Otra forma de realizar la prueba es buscar un número de 10 frecuencias entre la mínima y la máxima, realizando la máxima y la mínima intensidad para ellas en una emisión de al menos 3 segundos para cada una. El resultado se grafica en Hz. de frecuencia, con semitonos o notas musicales. Una vez anotados los datos, se consigue un diagrama donde se puede obtener una serie de medidas. Estas son las siguientes:

- Rango vocal. Es la diferencia entre la máxima y la mínima nota que ha emitido el sujeto. Se mide en semitonos (ST).
- Rango dinámico. Es la diferencia entre la máxima y la mínima intensidad emitida en la frecuencia considerada. Se mide en dB.
- Campo vocal. Es la superficie contenida entre las curvas de los perfiles máximos y mínimos. Se mide en dB/ST.

El rango de fonación realizado adecuadamente permite comprobar la existencia de funcionalidad normal en una cuerda vocal, determinar la severidad de la disfonía y demostrar la mejoría de la voz posterior a un tratamiento foniátrico o microfonoquirúrgico.

Otro aspecto fundamental del análisis fonético-acústico es la espectrografía. Dado que el espectro vocal es el resultado de la interacción entre la fuente glótica y el filtro de las estructuras supraglóticas, el análisis espectrográfico nos permite estudiar al mismo tiempo la función laríngea y los movimientos articulatorios.

Figura 11
Pantalla de análisis del rango vocal. Programa Phonetogram, Tigers Co



La voz humana es un sonido complejo armónicamente rico y sus armónicos se presentan espaciados por intervalos que corresponden a la frecuencia fundamental. Los armónicos son múltiplos de la frecuencia fundamental; esto es, que si el primero es de 100 Hz, el segundo es de 200, el tercero de 300, y así sucesivamente.

Una vez producido el sonido en la laringe, este viaja a lo largo del tracto vocal donde sufrirá un filtrado, dando lugar a máximos relativos de intensidad en determinados armónicos, áreas que se denominan formantes.

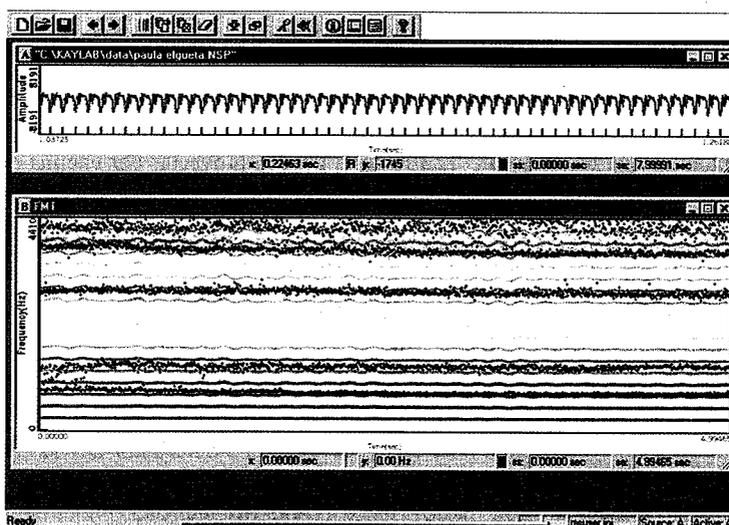
La representación gráfica de armónicos y formantes en 3 dimensiones de frecuencia, tiempo e intensidad es lo que se denomina espectrograma y es la representación más completa que puede existir de cualquier tipo de vibración.

Existen básicamente 2 tipos de espectrogramas: el de banda ancha, que tiene un buen perfil temporal y el de banda estrecha, que posee un muy buen perfil frecuencial (figura 12). En el tipo de banda estrecha las líneas negras horizontales representan los armónicos y su intensidad se indica por lo negro del trazado. Entre un armónico y otro debe existir un vacío de trazado o espacio en blanco, el ruido añadido a la vibración armónica se detecta por un trazado anárquico y difuminado, tanto más intenso cuanto más negro sea su dibujo.

La presencia de lesiones en las cuerdas vocales altera la calidad de la voz al impedir un buen cierre de la glotis y alterar el equilibrio biomecánico de las cuerdas vocales. La turbulencia aérea generada por un cierre glótico incompleto se manifiesta en la voz por la aparición de un ruido blanco. El grado de disfonía puede evaluarse observando como la estructura armónica normal se ve sustituida por ruido en el espectrograma. De la misma manera que un inadecuado cierre glótico se manifiesta en el espectrograma por el aumento de ruido interarmónico, un buen cierre glótico mostrará una riqueza de armónicos y ausencia de señal ruido.

En nuestro laboratorio, para la evaluación del grado de disfonía, se utiliza una clasificación visual de grado propuesta por Yanagihara (1967a, 1967b), la cual incluye 4 grados de severidad de una disfonía según los trazados de banda estrecha de G^o I a G^o IV. Esta última sería solamente señal de ruido. Esta clasificación es de utilidad porque permite expresar numéricamente una cualidad multidimensional de la voz y porque el grado acústico objetivo de la disfonía se ha visto que se relaciona con la gravedad subjetiva que se percibe al oído.

Figura 12
Espectrograma de banda estrecha normal con formantes presentes (en rojo). Programa MultiSpeech



5. Voz cantada

La voz sigue siendo el único instrumento musical connatural al hombre. No se deja de admirar a aquellos que la manejan con virtuosismo, habiendo invertido para esto años de estudio y dedicación, inspirados por el amor y la vocación por el arte. A la voz cantada le incumbe un mundo apasionante en cuanto a matices y posibilidades, dado que entran en juego sistemas y aparatos múltiples, así como niveles de organización cerebral cada vez más complejos, que analizan desde la simple melodía hasta la comprensión y efectivización de la armonía como estructura de máxima complejidad intelectual. La falla de alguno de estos componentes impedirá el normal desarrollo del acto fonatorio o lo reproducirá con falencias.

La cantidad de pacientes que consultan al otorrino especialista en voz por problemas de voz cantada es cada día más frecuente, y no son solo cantantes clásicos profesionales sino también alumnos y profesores de canto así como toda la gama de profesionales de la voz.

La evaluación del paciente con trastorno de voz cantada sigue los mismos pasos presentados anteriormente:

- A) Anamnesis.
- B) Examen laríngeo: fundamentalmente estroboscopia, pero complementado con la nasofibroscofia flexible que permite observar a la laringe en la emisión de la voz cantada.
- C) Estudio aerodinámico: orientado a la eficiencia laríngea en que la relación de la presión subglótica e intensidad cobra una tremenda importancia, es decir, lograr una adecuada presión para una buena intensidad y volumen, como soporte fundamental en el canto.
- D) Estudio fonético-acústico: es probablemente en este punto donde podemos hacer algunas mediciones con los programas computacionales disponibles. Recordemos que estos no son diagnósticos, pero nos pueden orientar hacia una determinada alteración. Incluye los siguientes aspectos:
 - Medición de la frecuencia: es fundamental comprobar que un cantante tenga una Fo adecuada para su persona y registro y que la Fo de su voz hablada sea lo más estable posible, ya que alteraciones de la Fo traducen problemas orgánicos de pliegues vocales o de uso inadecuado de la voz.
 - Medición del vibrato: es un ornamento del canto que consiste en ondulaciones del tono a un ritmo de 5-7 ciclos por segundo. Las ondulaciones hacen que el tono varíe media octava. La voz en el canto lírico sin vibrato suena plana, mucho menos bella. El vibrato le da riqueza y vitalidad a la voz. Un exceso de vibrato es una voz inadecuada, temblorosa y caprina (figura 13).
 - Medición del formante del cantante: el formante del cantante consiste en la aparición en la voz cantada de una alta energía espectral entre las frecuencias 2.500 Hz y 3.300 Hz. El formante del cantante explica el hecho de que a los buenos cantantes se les oiga muy bien desde el fondo de la sala, proyectando la voz por encima de la orquesta. Los cantantes que no "colocan" la voz no la pueden proyectar por encima de la orquesta a pesar de que canten a mucho volumen (figura 14).
 - Rango de fonación (fonetograma): es sin lugar a dudas el examen con mayor rendimiento e importancia en la voz cantada. Su técnica ya fue descrita en una sección anterior. El rango de fonación nos permite:
 - a. Analizar el potencial vocal de cantantes y profesionales de la voz para adscribirlos a la cuerda que les corresponde y comprender sus posibilidades y limitaciones.
 - b. Valorar el entrenamiento en el aumento del campo vocal, especialmente en alumnos de canto.
 - c. Seguir los cambios del campo vocal con la evolución de la persona, especialmente con el envejecimiento con fin de orientar la actividad cantada.

Figura 13
 Pantalla para medir frecuencia y variación del vibrato en una emisión cantada. Programa MultiSpeech

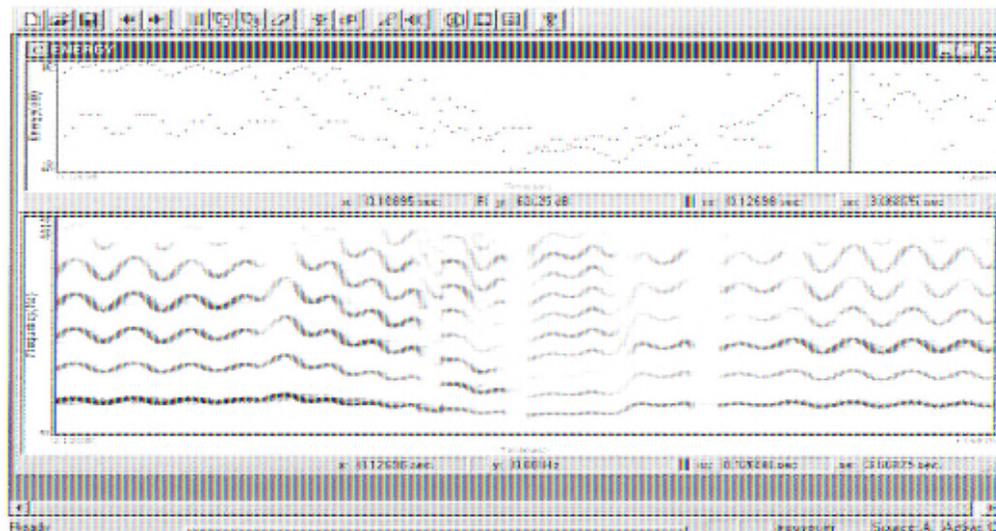
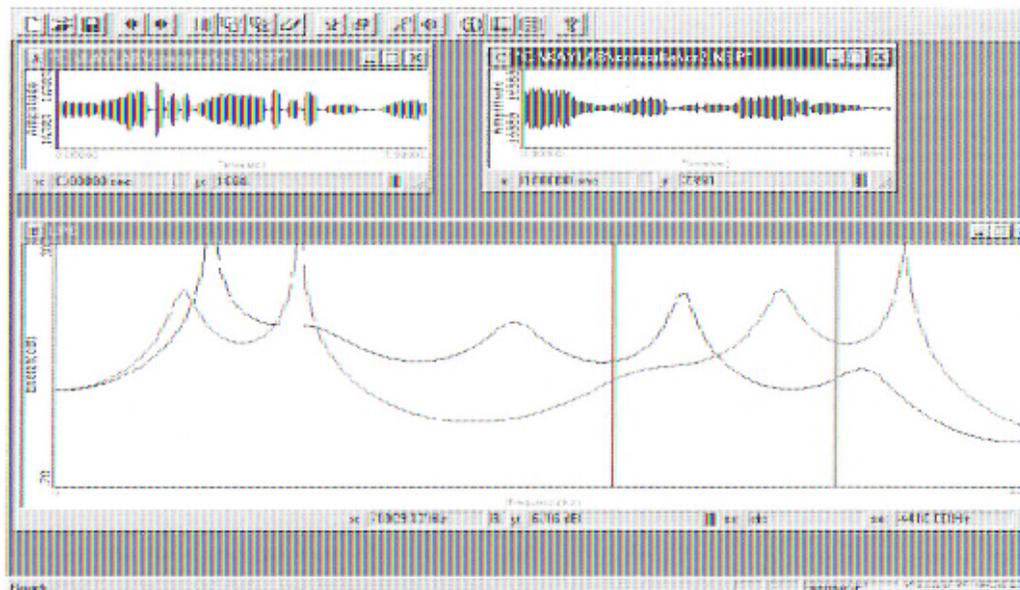


Figura 14
 Pantalla para medir en Hz. la ubicación del formante del cantante en dos emisiones con técnica vocal. Programa MultiSpeech



CONCLUSIÓN

Los trastornos de la voz son cada día más frecuentes en la clínica diaria y muchas veces verdadero desafío en el diagnóstico. La complejidad del aparato vocal y la diversidad involucrados como mecanismos que interactúan en la producción de la voz nos obligan

mación al paciente con una metodología moderna y comprensiva. Los avances tecnológicos en el área permiten un trabajo médico basado en evidencias, lo cual permite respaldar en forma adecuada las acciones terapéuticas (Jackson-Menaldi, 1993 y 2002; Morrison & Rammage, 1996).

El examen vocal es un proceso largo que exige una habilidad clínica y que, a veces, presenta aspectos muy especializados. Como se revisó anteriormente, la posibilidad actual de cuantificar las alteraciones de la voz a través de emisiones fonético-acústicas y la detallada visualización de los pliegues vocales, sin duda, han sido un reciente e importante avance. Todo ello obliga al perfeccionamiento y actualización constantes del conocimiento, de manera de poder integrar los adecuadamente en la clínica sin perder de vista el manejo integral del paciente con patología de voz.

A propósito del creciente interés por montar unidades de análisis fonético-acústico, es importante comentar algunos de los criterios técnicos involucrados en la organización y funcionamiento de un laboratorio de voz. En nuestra experiencia de varios años en la dirección de un centro para el estudio y tratamiento de los problemas de voz, consideramos que es importante tener claro los siguientes consejos antes de montar un laboratorio de voz:

1. Priorizar el estudio fonético-acústico solo en aquellos grupos de pacientes con disfonía de difícil diagnóstico, aquellos que realizarán tratamientos foniátricos y especialmente los que serán sometidos a algún procedimiento fonocirúrgico.
2. Disponer de protocolos de estudio en los cuales en forma estricta se realicen las mismas pruebas a los pacientes pre y postcomparación, ya que solo así se obtendrán medidas confiables y analizables. La consideración, actualmente, de bases de datos normales aún no es confiable y solo la comparación de datos respecto del mismo paciente suele ser lo más adecuado.
3. La medición debe ser, idealmente, en cabina sonoamortiguada. De no ser así, debe existir ruido ambiente menor a 50 dB.
4. La muestra vocal usualmente debe ser una /a/ sostenida en un paciente sentado cómodamente con micrófono omnidireccional de distancia fija y se deben obtener al menos 3 emisiones para que el valor final sea un promedio de ellas.
5. Recordar que voces muy alteradas presentan una onda muy aperiódica y caótica por la abundante presencia de ruido. Estas emisiones no son analizables y deben ser consideradas tipo III en la clasificación de Titze (1994a).
6. En la actualidad existen muchos programas informáticos especialmente diseñados para realizar con exactitud y eficiencia la medida de todos los parámetros acústicos descritos anteriormente, pero no es el objetivo de este trabajo analizarlos individualmente. Es difícil precisar cuáles son los elementos que compondrían una unidad "básica" y eso dependerá del tipo de trabajo que queremos realizar y de nuestro presupuesto. Sin lugar a dudas lo más importante es la interpretación de los resultados obtenidos y no el programa informático en sí mismo.

BIBLIOGRAFÍA

- ARONSON, A. (1990). *Clinical voice disorders*. New-York: Thieme Medical Publishers.
- AUGSPACH, F. (2000) La evaluación objetiva de la voz. *Otolaringológica*, XXII junio, 5-24.
- BAKEN, R. J.: & ORLIKOFF, R. F. (2000) *Clinical Measurement of Speech and Voice*. San Diego: Singular-Thompson Learning.
- COLEMAN, R.; MABIS, J. & HINSON, J. (1977) Fundamental Frequency Sound-Pressure level profiles of Adult Male and Female Voices. *Journal of Speech and Hearing Research*, 20, 197-204.
- COLTON, R. (1999) *Understanding Voice Problems*. Baltimore: Williams & Wilkins.
- CASADO, J. (2002) *La evaluación clínica de la voz*. Madrid: Ediciones ALJIBE.

- DEJONCKERE, P. (2000). Valoración perceptual y de laboratorio de las disfonías. En C. Rosen & T. Murry (Eds.): Clínicas Otorrinolaringológicas de Norteamérica. Trastornos de la voz y fonocirugía. Mexico: McGraw-Hill Interamericana.
- DEJONCKERE, P. (1998). Carta de Invitación a la 3ª. Conferencia Paneuropea de la Voz.
- HIRANO, M. (1981). Clinical examination of the voice. New York: Springer-Verlag.
- JACOBSON, BH; JOHNSON, A.; GRYWALSKI, C.; SILBERGLEIT, A.; JACOBSON G. & BENNINGER, M. (1997). The voice handicap index (VHI): Development and validation. *Journal of Voice*, 12, 540-550.
- JACKSON-MENALDI, C. (1993). La voz normal. Buenos Aires: Panamericana.
- JACKSON-MENALDI, C. (2002). La voz patológica. Buenos Aires: Panamericana.
- MORRISON M. & RAMMAGE, L. (1996). Tratamiento de los trastornos de voz . Barcelona: Masson.
- NIETO, A. (1996). Estudio comparativo de los distintos sistemas de análisis de la voz. En R. García-Tapia & I. Cobeta (Eds.). Diagnóstico y tratamiento de los trastornos de voz. Madrid: Garsi. 139-147.
- ORTEGA, A. (2000) Aerodynamic assesment for unilateral vocal cord paralysis after alloderm inyection. *Seminars*. New York: Mount Sinai Hospital.
- ORTEGA, A. (2002a) Laringoplastia de aumento con inyección de grasa en el tratamiento de la insuficiencia glótica. *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 62 (1), 19-26.
- ORTEGA, A. (2002b) Utilidades de la estroboscopia digital, *Revista de Otorrinolaringología y Cirugía de Cabeza y Cuello*, 62 (3), 31-35.
- ROSEN, R. (1997) *Psychology of voice disorders*. San Diego: Singular Publishing Group.
- STEMPLE, J. (1995) *Clinical Voice Pathology Theory and Management*. San Diego: Singular Publishing Group.
- TITZE, I. (1994a) *Workshop on Acoustic Voice Analysis*. Denver: Colorado.
- TITZE, I. (1994b). Towards standars in acoustic analysis of voice. *Journal of Voice*, 8, 1-7.
- WOO, P. (1997). Clinical applications of videostroboscopy in voice disorders. *Current Opinion in Otolaryngology & Head and Neck Surgery*, 5, 133.
- YANAGIHARA, N. (1967a) Hoarseness: Investigation of the physiological mechanisms. *Annals of Otology, Rhinology, and Laryngology*, 76, 472-88.
- YANAGIHARA, N. (1967b) Significance of harmonic changes and noise components in hoarseness. *Journal of Speech and Hearing Research*, 10, 531-41.

ANEXO

VOICE HANDICAP INDEX (VHI)

Versión francófona. Traducido por el grupo de Estudios Belga para los Problemas de la Voz (Tomado de Oto-rhino-laryngologie, 2000. Encyclopedie Medico Chirurgicale – E – 20-153-a-10).

Simbología:

J: jamás.
 CN: casi nunca
 AV: a veces
 CS: casi siempre
 S: siempre.

| ÍTEM | J | CN | AV | CS | S |
|------|---|----|----|----|---|
| F1 | | | | | |
| P2 | | | | | |
| P3 | | | | | |
| P4 | | | | | |
| F6 | | | | | |
| P6 | | | | | |
| P7 | | | | | |
| F8 | | | | | |
| F9 | | | | | |
| F10 | | | | | |
| F11 | | | | | |
| F12 | | | | | |
| P13 | | | | | |
| P14 | | | | | |
| E15 | | | | | |
| F16 | | | | | |
| P17 | | | | | |
| P18 | | | | | |
| F19 | | | | | |
| P20 | | | | | |
| P21 | | | | | |
| F22 | | | | | |
| E23 | | | | | |
| E24 | | | | | |
| E25 | | | | | |
| P26 | | | | | |
| E27 | | | | | |
| E28 | | | | | |
| E29 | | | | | |
| E30 | | | | | |