

Prácticas de Laboratorio: Didáctica de la Lengua en la Educación Especial

Berta MORÁN ARROYO*

Universidad Complutense de Madrid
mbmorana@edu.ucm.es

Recibido: 10 de abril de 2005.

Aceptado: 16 de mayo de 2006

RESUMEN

El artículo expone las líneas básicas de la metodología en Fonética experimental a través de la imagen digital y sus aplicaciones en Didáctica de la Lengua en Educación Especial. Establece una clara divisoria entre la analítica de sonidos, ruidos y silencios en una rigurosa aplicación a los valores fonológicos correspondientes.

Palabras clave: Fonética experimental, fonología, acústica, ondas, sonidos, ruidos y silencios, frecuencia fundamental, energía, oscilogramas, espectrogramas, banda ancha, banda estrecha, fonación, articulación, impulsos glotales, armónicos, formantes, resonancia, estrías fonatorias o glotales.

Laboratory Practices: Didactics of Language in Special Education

ABSTRACT

This article presents the methodological lines in Experimental Phonetics, with digital image and its applications in Didactics of Language in Special Education. It analyses sounds, noises and silences applicated to their phonological values, and it indicates some possible index of phonological valoration.

Key words: Experimental Phonetics, Phonology, Acoustic, Waves, Sounds, noises and silences, Pitch, Energy, Waveforms, Spectrograms, Bandwide, Bandclose, Phonation, Articulation, Harmonics, Formants, Resonance, Strias glottals.

Pratiques de laboratoire: Didactique de la langue dans l'Éducation pour Handicapés

RÉSUMÉ

Ce travail expose les bases de la méthodologie en Phonétique Expérimentale avec des images digitales et ses applications en Didactique de la Langue en Education pour Handicapés. L'article établit une ligne de séparation entre l'analyse de sons, bruits et silencios dans son application aux valeurs phonologiques correspondantes.

Mots-clés: Phonétique expérimentale, Phonologie, Acoustique, Sons, bruits et silencios, Fréquence fondamentale, Énergie, Oscillogrammes, Spectrogrammes, Bande ample, Bande étroite, Phonation, Articulation, Impulsions glottiques, Harmoniques, Formants, Résonance, Stries phonatoires.

* Este trabajo ha sido dirigido por el Profesor **José M^a Aceña**.

SUMARIO: 1. Introducción: objetivos. 2. Conceptos básicos. 2.1. Sonidos, ruidos y silencios del habla. 2.2. Las unidades de medida de la acústica del habla: hertzios, decibelios y milisegundos. 2.3. Imágenes digitales de la acústica: oscilogramas y espectrogramas. 2.3.1. espectrogramas de banda estrecha. 2.3.2. Espectrogramas de banda ancha. 2.3.3. Espectrografía de la frecuencia fundamental (Fo). 2.3.4. Espectrografía de la energía o intensidad. 2.3.5. Espectrografía comparada. 2.4. Fonación, resonancia y articulación del habla. 3. Fonética y Fonología: la segmentación fonológica de los sonidos, de los ruidos y de los silencios del habla. 4. Las Imágenes digitales del habla y las necesidades educativas especiales en la Escuela Infantil y Primaria. 5. Referencias bibliográficas.

1. INTRODUCCIÓN: OBJETIVOS

Nos proponemos en este trabajo desarrollar una guía que sirva para comprender los hechos y conceptos fundamentales y la metodología básica que permita analizar las imágenes del habla tal como que se observan en el Laboratorio de Fonética. Para tal menester, nosotros usamos habitualmente el equipo C.S.L., (Computerized Speech Laboratory), de Kay Elemetrics Corporation, S.A. de New Jersey (USA); pero las imágenes obtenidas con este equipo prácticamente son semejantes a las que proporcionan otros similares, que se nos ofrecen actualmente en el mercado. Al mismo tiempo y casi en paralelo con cualquier equipo, podemos disponer ya de programas, que además de tener fácil y gratuito acceso por Internet, son también altamente fiables para la analítica de la acústica del habla.

Entre los ocho programas gratuitos que conocemos, accesibles a través de Internet, nos complace seleccionar para nuestros lectores los cinco siguientes. En primer lugar recomendamos el programa PRAAT, <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>; ya en segundo lugar presentamos el WAVESURFER; <http://www.speech.kth.se/wavesurfer/index.html>. También es especialmente recomendable el SPEECH TOOLS, que es un paquete que incluye a SPEECH ANALYZER; programa muy completo y bastante fiable, <http://www.sil.org/computing/speechtools/SATdownloads2.htm>. A los tres anteriores, añadimos también el programa WASP, que es muy útil para principiantes: <http://www.phon.ucl.ac.uk/resource/sfs/>; y finalmente tiene especial interés no solo para la evaluación de patologías del habla, sino también para tratamientos clínicos la siguiente dirección: <http://www.visualizationsoftware.com/gram/voice.html>.

Algunos de estos programas los hemos ya experimentado en nuestro Laboratorio como una herramienta cotidiana de trabajo, pero la ventaja de los mismos está en que con ellos podemos disponer de un Laboratorio en casa, sin necesidad de invertir una suma de dinero en la instalación del mismo. Por lo tanto pueden ser un medio eficaz para que los maestros y profesores de Audición y Lenguaje y Educación Especial hagan su analítica experimental tanto en la Escuela Infantil como en la Primaria y la Secundaria.

Así mismo y en la línea de prácticas del Laboratorio del habla para la evaluación, tratamiento y control de las diversas Patologías del Lenguaje, aconsejamos entrar en: farauz@sinfomed.org.ar, cuyo diseño nos ha sorprendido muy agradablemente al observar sus diagnósticos y tratamientos mediante la imagen digital, realizados todos ellos por el equipo del Dr. Arauz en La República Argentina.

Nuestro objetivo básico pues, es ofrecer un programa complementario de Fonética experimental en su sentido más estricto de realizar experimentos. El término «complementario» explicará al lector, dado que el experimento no se puede hacer fuera del Laboratorio, que nuestro trabajo es una especie de cuaderno de consulta o *vademecum* para que los alumnos de prácticas y sobre todo maestros y cuantos estén interesados en el tema, puedan superar la problemática analítica, que les pueda surgir en el preciso momento de realizar sus prácticas o de aplicar el diagnóstico de imágenes a la terapéutica de los trastornos del habla. Por ello todo el material presentado es fundamentalmente «práctico» e iremos exponiéndole «paso a paso» y con todo el rigor didáctico del que somos capaces.

Así mismo esperamos y creemos que este nuestro trabajo pueda y deba servir de ayuda para la investigación lingüística en general y principalmente para la investigación en Didáctica de la Lengua para la Educación Especial y en la Patología del Lenguaje. Para cumplir este objetivo de referencia a la Educación Especial, a Audición y Lenguaje e incluso a la Educación Infantil y Primaria, hacemos en el texto acotaciones y referencias puntuales a los problemas de Patología del habla y a la Adquisición y el desarrollo del habla infantil, fundamentalmente en su incidencia escolar.

Por otro lado y como cualquier lector puede observar, nos movemos entre la Fonética y la Fonología, entendida ésta en toda su amplitud; es decir, comprendiendo la *palabra fónica, la sílaba y el fonema* y sus características prosódicas: *acento, ritmo y entonación*. (Caplan, 1987; Cantero Serena, 1995, 2002; Cortés Moreno, 2000, 2002; Martínez Celdrán, 2003 a, 2003 b y 2005). Por lo tanto, veremos que el mundo de los *sonidos, los ruidos y los silencios de la voz humana*, como materia físico-acústica y prima del habla, sirve de base a una serie de fenómenos lingüísticos que ni siquiera existen como tales *per se*, sino en función de nuestra organización teórica de los fenómenos físicos del habla; así y por eso con toda normalidad hablamos de *acento, ritmo, entonación* y también de *palabra fónica, sílabas y fonemas*. O dicho de otra manera: el mundo del material acústico del habla compuesto por sonidos, ruidos y silencios y sus medidas en hertzios (Hz.), en decibelios (dB.) o en milisegundos (ms.), es decir, la fonética, ha de referirse con toda normalidad a segmentos lingüísticos de distinto tipo, organizados todos ellos por la mente humana, es decir, ha de referirse a la fonología.

Y por esta simple razón, siempre la Fonética y la Fonología no solamente «*estarán condenadas a entenderse*», sino que el trasvase y la aportación de ideas nuevas entre la una y la otra, necesariamente han de enriquecer a las dos ciencias, en la línea de *posibilitar la elaboración de teorías fonético-fonológicas más acordes con la realidad acústica del habla*, desmitificando así muchos aspectos tradicionales. Y naturalmente en nuestro Laboratorio siempre se tiene en cuenta todo esto, y, en todo caso, es un buen consejo que cualquier analista debe tener en cuenta también, pues en un Laboratorio de Fonética no se trata de *analizar por analizar*, sino de sacar consecuencias y urgir aplicaciones a la propia ciencia y, en su caso, a la patología del habla.

Finalmente, también debemos a nuestros lectores dos advertencias y un deseo. La primera advertencia se refiere a la formación previa de los que nos lean, a quienes presuponemos conocedores de algunos rudimentos en fonética articulatoria y en

fonología; pues, descender aquí al detalle en estos últimos terrenos citados, desvirtuaría la finalidad de nuestro objetivo. La segunda advertencia tiene por objeto aclarar que en nuestra exposición hemos eliminado cualquier tipo de transcripción fonética y fonológica, dado que en la situación fonética acústica actual hay suficientes posibilidades técnicas de *audio* y *video* que superan con creces las posibilidades de interpretación de la transcripción fonética más fina.

Y el objetivo final, traducido en este caso en deseo, no puede ser otro que el de conseguir para nuestra lengua española o castellana un acerbo cada día mayor de analistas competentes en la acústica del habla, base necesaria, aunque no suficiente, para llegar a tener algún día un conocimiento profundo de los mecanismos de la misma. Creemos que, sin estos «conocimientos profundos», es inconcebible que alguien investigue en el fascinante y difícil trabajo del amplio campo de la Educación Especial, al menos en el campo de las Patologías del Habla. En cualquier caso, nuestro esfuerzo, aquí presente, es lo menos que podemos hacer para investigar, diagnosticar y/o, en su caso, tratar la patología del habla a los niños que tienen retrasos o deficiencias significativas en la misma.

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1. Sonidos, ruidos y silencios del habla

Nos encontramos en un Laboratorio de *Fonética (Audición y Lenguaje)* de la Facultad de Educación de la Universidad Complutense de Madrid; y la *Fonética* es la ciencia que estudia la voz del habla humana, cuyo estudio sirve de base a la Lingüística, (Ladefoged, 1987). Con un solo ordenador, el mini equipo C.S.L. muestra y fija en un monitor las imágenes gráficas que en forma de ondas produce la voz humana. Estas imágenes gráficas nos dan nuevas pistas de lo que ocurre en el habla.

Durante una conversación entre personas se establece entre ellas múltiples y sucesivos movimientos de vibración longitudinal, solo perceptibles por todos los oídos que puedan escuchar. Estos movimientos de vibración longitudinal producen ondas sonoras y complejas que, si son *armónicas* y *periódicas*, las llamaremos *sonidos* y, si son *disarmónicas* o *no periódicas*, las llamaremos *ruidos*, pero realmente no las vemos. Ahora con ayuda del C.S.L. sí las vemos en el Laboratorio, luego algo nuevo está pasando: vemos las ondas armónicas de los sonidos, las disarmónicas de los ruidos y como contraste vemos también tramos de *silencios del habla*, es decir, tramos acústicos de la comunicación oral en los que prácticamente solo hay silencio.

Ahora bien, una vez que tenemos ante la vista, *en nuestras manos*, las ondas periódicas de los sonidos, las no periódicas de los ruidos y también los silencios, tenemos la posibilidad de jugar con todos ellos, es decir, explorar sus propiedades, medirlas y tratar así de conocerlas mejor: la lista no es muy larga. Y lo primero que tenemos que hacer es formularnos la siguiente reflexión: dado que la *periodicidad*, *los períodos* son fenómenos de la naturaleza, al aplicar el concepto a la acústica en general, debemos conectarlo inmediatamente con otro concepto clave: *la frecuencia*,

es decir, el número de veces o periodos que ocurre en el tiempo un mismo fenómeno; en nuestro caso, la oscilación de una serie de ondas acústicas en un tiempo determinado. De ahí que solo los *sonidos* tienen *frecuencia*, porque son *periódicos*, y que carezcan de *frecuencia los ruidos* porque son *aperiódicos* y, por supuesto, *los silencios porque son tramos del habla prácticamente vacíos de ondas acústicas*. El medio natural de la transmisión de los sonidos y los ruidos del habla es el aire.

2.2. Las unidades de medida de la acústica del habla: Hertzios, decibelios y milisegundos

Para analizar las propiedades acústicas del habla, contamos con una serie de unidades de medida que la física acústica emplea para medir las ondas, sean éstas periódicas (sonidos) o no periódicas (ruidos). Y son el *hertzio* (Hz.) para la *frecuencia* de las oscilaciones o movimientos periódicos de los *sonidos*, el *decibelio* (dB.) para el gasto de *energía o intensidad de sonidos, ruidos y silencios*; y el *milisegundo* (ms.) para la *duración o el tiempo* que dura el fenómeno acústico. No pasamos a definir estas unidades de medida, de las que cualquier lector podrá obtener cumplida información en cualquier enciclopedia moderna y digna de este nombre, (por ejemplo, Nueva Enciclopedia Larousse). Es importante hacer notar que para los sonidos se aplican conjunta o separadamente cualquiera de los tres parámetros, mientras que para los ruidos y los silencios únicamente son aplicables el *tiempo y la intensidad*, dado que ruidos y silencios carecen normalmente de *frecuencia*, con excepción de sus sonorizaciones, que también las hay.

Ahora bien, las ondas de los sonidos del habla no son simples, sino compuestas, lo que quiere decir, ni más ni menos, que su principal componente: *la frecuencia*, es decir, el número de sus oscilaciones de onda por segundo, no oscila con una sola frecuencia, sino con muchas a la vez, si bien están coordinadas entre sí, es decir, vibran en completa *armonicidad*. Y obtenemos una visión clara tanto de la *armonía* como de la *complejidad* de las ondas de los sonidos del habla, mediante el análisis espectral de las propias ondas sonoras, en las que podemos incluso contar y medir con exactitud todos los *componentes frecuenciales* de la onda, como veremos en seguida al observar un espectrograma en banda estrecha (imagen 2).

También para facilitar las mediciones en hertzios (Hz.), decibelios (dB.) o milisegundos (ms.), se dispone en el C.S.L. de cursores horizontales y verticales que señalan las frecuencias, las intensidades y los tiempos en las zonas marcadas por los mismos y previamente señaladas por el analista. Naturalmente estos cursores pueden actuar por separado o conjuntamente en todas y cada una de las ventanas: (opción Link en el equipo CSL., tal como se ve en la pantalla del monitor).

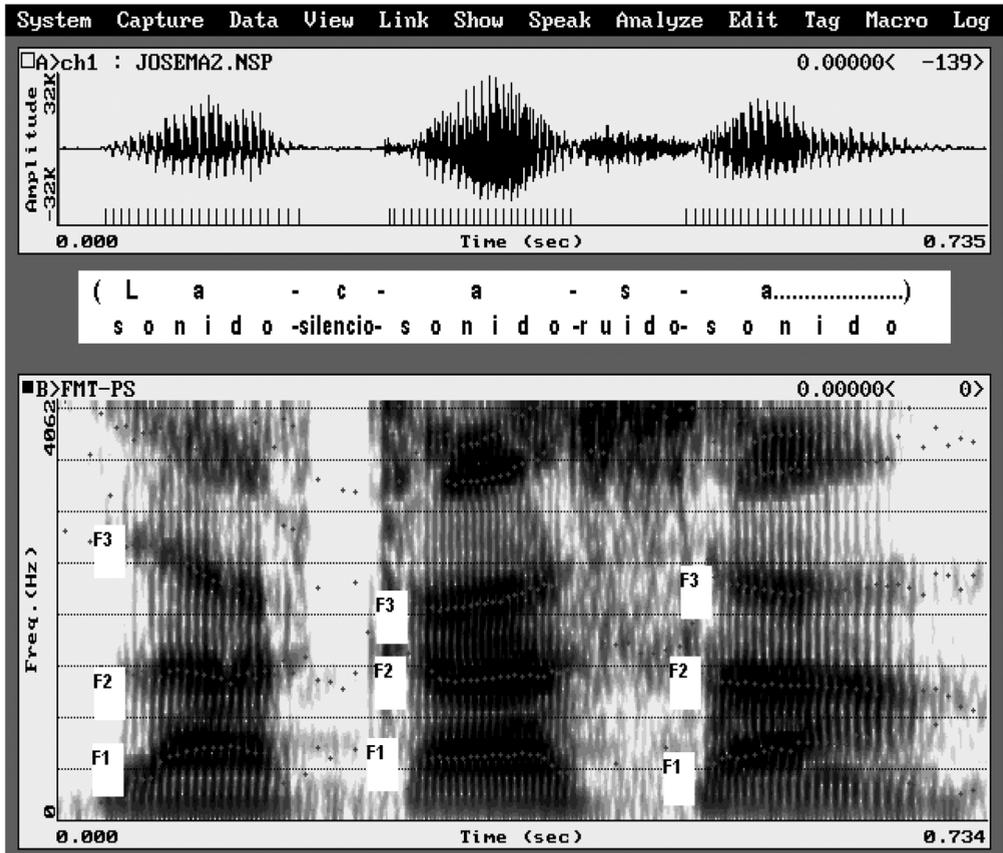
2.3. Imágenes gráficas de la acústica del habla: oscilogramas y espectrogramas de banda ancha y banda estrecha

Los actuales equipos de análisis digital del habla y algunos programas de análisis de la misma permiten obtener una gama muy variada de imágenes gráficas para

representar los sonidos, los ruidos y los silencios, aunque fundamentalmente nos serviremos de tres tipos de gráficos: **oscilogramas**, **espectros** y **espectrogramas**, que, a su vez, admiten múltiples modalidades de conformación, mediante cortes de trozos de los mismos (tomografía), o mediante ampliaciones, traslados e injertos, cambios de banda etc. (Por ejemplo, ver y aplicar tomografías con opciones Show y Edit del equipo CSL, tal como se ven en la pantalla del monitor).

Nos hemos puesto a los mandos del C.S.L. y, después de emitir con voz normal la expresión enunciativa «*la casa*», emitida por un informante masculino adulto, aparece en la pantalla A del monitor (imagen 1) un **oscilograma** (*waveforms* en inglés) de dicha expresión y que no es otra cosa que la gráfica de las ondas que oscilan periódicamente (sonidos), de las ondas no periódicas (ruidos) y de los vacíos de ondas (silencios). Como en todo oscilograma, se muestra la amplitud o intensidad, sea ésta positiva o negativa, en la ordenada (vertical), mientras el tiempo se calibra en la abscisa (horizontal).

La utilidad del oscilograma para el análisis acústico es fundamental por varias razones; en primer lugar, porque desde él se obtienen todos los demás tipos de imágenes: fundamentalmente multitud de espectrogramas y espectros posibles; y en segundo lugar, porque, sin salirse del propio oscilograma, se pueden realizar en él mismo: cortes (tomografía), añadidos, fundidos e intercambios entre sus diversos elementos. Incluso en los actuales oscilogramas se pueden añadir otros detalles como es el caso de señalar los impulsos glotales o movimientos de la glotis con rayitas verticales situadas al pie de la ventana.



(L a c a s a.....)

Imagen 1, ventana A. Obsérvese en esta ventana A un oscilograma de la expresión enunciativa «La casa». En dicho oscilograma aparecen tres sonidos, un ruido y un silencio; fácilmente se distinguen en dicho oscilograma las formas de las ondas sonoras periódicas o sonidos (en forma de nudos o madejas), de las de los ruidos u ondas no periódicas (en forma de tornillo o husillo); y unas y otras se distinguen también de los silencios, vacíos de ondas. Comenzando por la izquierda, vemos primero el sonido que representa conjuntamente a los fonemas /l/ y /a/, a continuación viene un silencio que representa al fonema /k/, sigue el sonido que representa a /a/, y que se amplía considerablemente en un nudo de mayor amplitud y energía con respecto a los otros dos sonidos presentes, por efecto del acento. A continuación sigue el ruido que representa a /s/, semejante a un tornillo o husillo; y después viene el tercer y último sonido que representa al fonema /a/. Véanse también cómo las marcas que en forma de rayitas verticales aparecen al pie de la imagen, señalan el comienzo y el final de cada onda periódica en los sonidos representativos de /l/ y de los tres fonemas /a/. Estas marcas están ausentes en el ruido y por supuesto, en el tramo de silencio por carecer de fonación o movimiento de las cuerdas vocales.

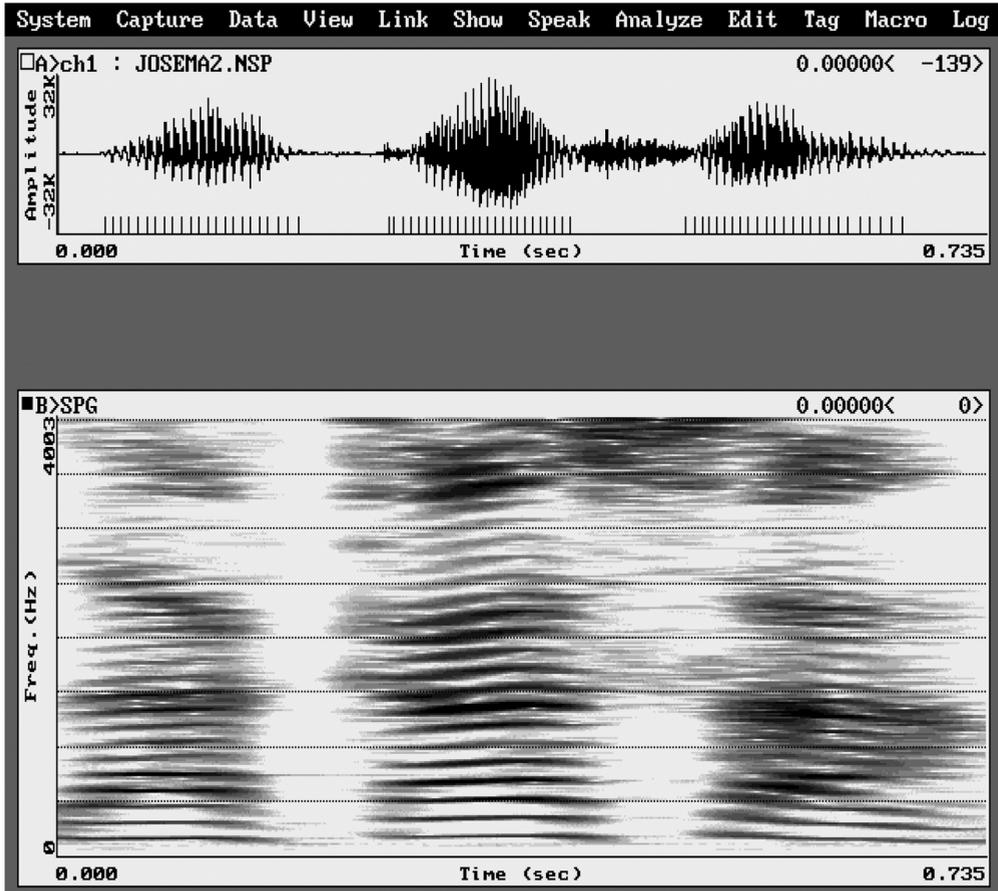
Imagen 1, ventana B. En la misma expresión «La casa», vemos ahora la imagen de un espectrograma de *banda ancha horizontal* o formantes (F1, F2, F3.), producto del filtrado y efecto de la resonancia. Estos formantes, que en la imagen corresponden todos al fonema /l/ y los tres

fonemas /a/, nos permiten en principio identificar los sonidos y sus valores fonológicos. Pero también en el propio espectrograma se pueden observar perfectamente los movimientos fonatorios de la glotis en forma de estrías verticales que suben a lo largo de la imagen, pero solo en las zonas de los sonidos. Estas estrías verticales se corresponden con las rayitas también verticales, situadas al pie del oscilograma (ventana A). (Información sobre banda ancha en 2.3.2.)

2.3.1. *Espectrogramas de banda estrecha*

Como acabamos de ver en la imagen 1, desde el propio oscilograma, se obtiene un tipo de espectrograma de banda ancha de 145 Hz. (SPG o FMT-PS en el monitor del equipo). Pero, como veremos a continuación, hay otros tipos de espectrogramas, aunque todos ellos representan la acústica del habla desde otro punto de vista que en los oscilogramas, mostrando ahora la frecuencia en la ordenada (vertical) y el tiempo en la abscisa (horizontal). En esencia podríamos decir que el espectrograma refleja la acústica en su *evolución frecuencial a lo largo del tiempo*, siendo por ello la mejor forma de ver prácticamente todas las imbricaciones de los fenómenos acústicos del habla. Nosotros utilizamos fundamentalmente dos tipos principales de espectrogramas, según el filtro utilizado en la descomposición de las ondas acústicas: filtro de 14 Hz. para la banda estrecha y filtro de 145 Hz. para la banda ancha. Ahora bien, caben filtros de gamas superiores e inferiores e incluso varias gamas intermedias de banda para realizar análisis a gusto de cada uno y como no puede ser de otra manera.

Veamos en esta nueva imagen 2 (ventana B), y sirviéndonos de la misma expresión «*la casa*», la disposición en un espectrograma de las frecuencias de los sonidos en forma de bandas horizontales, todas ellas paralelas entre sí y, guardando entre dichas bandas, los mismos o similares espacios; es decir, a la frecuencia de la primera línea o banda (frecuencia fundamental o F_0), que realmente y en el caso de la «a» acentuada del modelo tiene 187 Hz., le acompaña la segunda banda o línea, que es el doble en frecuencia, (374 Hz.); la tercera, que tiene el triple de frecuencia (561 Hz), la cuarta, el cuádruplo (748 Hz.), la quinta el quíntuplo (945 Hz.), y así sucesivamente. Se produce así una armonía entre todas las bandas de frecuencia de los sonidos. Esta armonicidad naturalmente está rota o quebrantada en múltiples patologías del habla: (parálisis cerebral, disfonías, todo tipo de sorderas, etc.)



(L a c â s a)

Imagen 2. Visión en imagen digital y en *espectrograma de banda estrecha* (Ventana B) de la fonación armónica de los sonidos y de la inarmonicidad de los ruidos. El contorno es enunciativo y se trata de la expresión: «La casa». Obsérvese la regularidad de los armónicos en la vocal «a» acentuada, marcada con circunflejo (^), y en donde hemos colocado el cursor para su medición exacta. De esta manera y, dado que el primer armónico o frecuencia fundamental (F_0), marcado en la línea inferior, tiene 187 hertzios (Hz), el segundo es el doble en frecuencias: 374 Hz., el tercero será el triple: 561 Hz, el cuarto será el cuádruple, es decir 748 Hz., el quinto será el quíntuplo, es decir, 935 Hz., y así sucesivamente. Se trata pues de una armonía matemática. En los ruidos, como se puede ver en «s», no existen los armónicos y en ciertas patologías como se verá en la imagen 7, está destruida en mayor o menor grado la armonicidad.

Vemos pues, en la imagen 2 un sonido complejo o compuesto de múltiples frecuencias, pero dependientes todas ellas de la primera o fundamental (F_0); y se trata de un sonido *armónico*, porque, vista y medida en hertzios (Hz.) la frecuencia del fundamental (F_0), las sucesivas bandas serán, si la voz es normal, múltiplos de 2, de

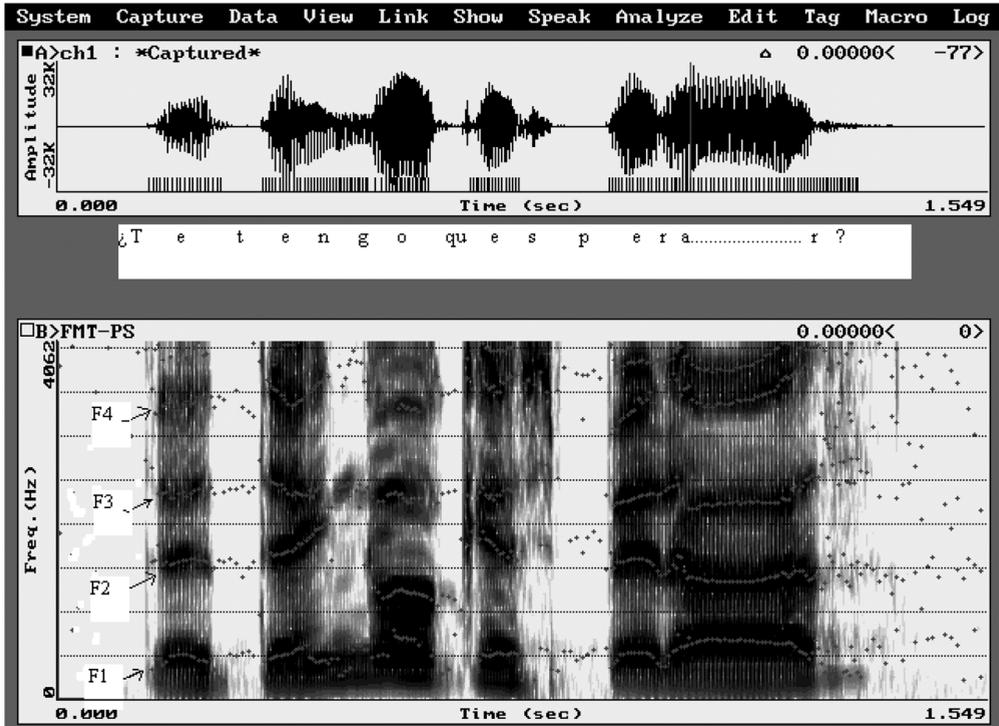
3, de 4, de 5, y así sucesivamente. En suma se trata de una *armonía* matemática, y por eso a sus componentes se les llama *armónicos*.

En los ruidos, por el contrario y a pesar de que también son compuestos, se torna mucho más difícil su análisis, pues las líneas manifestativas de su complejidad son de una irregularidad total y prácticamente no existen espacios entre sus componentes. De ahí la *disarmonía* fruto de su irregularidad matemática manifiesta. De cualquier manera hay una salvedad para el ruido y es su *sonorización*.

2.3.2. *Espectrogramas de banda ancha*

Ya dijimos en el punto anterior que el espectrograma en general es la imagen digital más idónea para desvelar las imbricaciones y recovecos del habla. Ahora bien, cada tipo de espectrogramas cumple sus objetivos y, si el de banda estrecha busca primordialmente el análisis de la actividad *fonatoria* y sus armónicos, los espectrogramas de banda ancha observan la actividad *fonatoria* (estrías glotales) y la actividad *resonadora* (bandas de resonancia o formantes).

Y el resultado del filtro de los sonidos en *banda ancha* lo tenemos nuevamente a la vista en la imagen 3; en ella algunos armónicos de dichos sonidos adquieren más energía, *se amplifican*, mientras otros quedan *atenuados* y no se ven en la imagen. De tal manera que la imagen que se obtiene del sonido, una vez, filtrado, es totalmente distinta que la que veíamos antes en el espectrograma de banda estrecha (imagen 2); en ésta, repetimos, se propicia la visión *fonatoria*: la frecuencia fundamental (F_0) y todos sus armónicos. Mientras ahora y en banda ancha fundamentalmente se propicia, por un lado, la visión *fonatoria* (estrías glotales), y por otra, la visión *resonadora*. Por ello, en banda ancha, se ven solamente, una vez filtrados, los armónicos ampliados o *formantes resonadores*, que normalmente serán tres o cuatro y como tales determinarán fonológicamente al vocalismo de la lengua: (F_1, F_2, F_3, F_4), más las *estrías glotales* de la fonación.



¿ T e t e n g o q u e s p e r a r ?

Imagen 3. Vemos en la ventana A, una vez más el oscilograma de captación de la imagen. Y, como ya hemos advertido antes en la imagen 1, en el mismo sobresalen por su amplitud los sonidos, a diferencia del ruido de (s), único ruido de la expresión. Por su parte los silencios, que corresponden a los fonemas /p/, /t/, /k/ están prácticamente vacíos, tanto aquí en el oscilograma, como en la ventana B del espectrograma.

En la ventana B, consideramos especialmente un espectrograma de banda ancha (145 Hz.) de la expresión interrogativa: *¿Te tengo que esperar?* Esta banda es la más usada en la analítica del habla, dado que, no solo es la más rápida, sino que permite ver y calibrar los formantes o resonancias, así como las estrías verticales de la fonación, entre otros detalles, que vamos a precisar paso a paso, desde izquierda a derecha: 1º. Las bandas o formantes corresponden a los sonidos en exclusiva y se denominan: F1, F2, F3, F4, y son el resultado de la resonancia. Esta resonancia es, ni más ni menos, que el resultado de la configuración de los órganos articulatorios de la boca: *lengua, labios, paladar...* Por el contrario las estrías verticales de cada sonido corresponden a la fonación o movimiento de las cuerdas vocales. De ahí que el espectrograma analice con nitidez los dos momentos de producción del sonido: la fonación y la resonancia de los sonidos; y obviamente, si la fonación es mala o regular, los formantes estarán alterados. Recordemos que los ruidos carecen de fonación y de bandas de resonancia y que los silencios en realidad son una mera producción articulatoria prácticamente vacía de contenido en cuanto a la frecuencia, que siempre está ausente y en cuanto a la energía, que la tiene en cantidades mínimas. Parece ser que es el tiempo o la duración el índice regulador y marcador de la fonología de los tres silencios del español (p), (t), (k). Ver a este respecto Martínez Celdrán (1993). *La percepción categorial de /b/, /p/ en español basada en las diferencias de duración.*

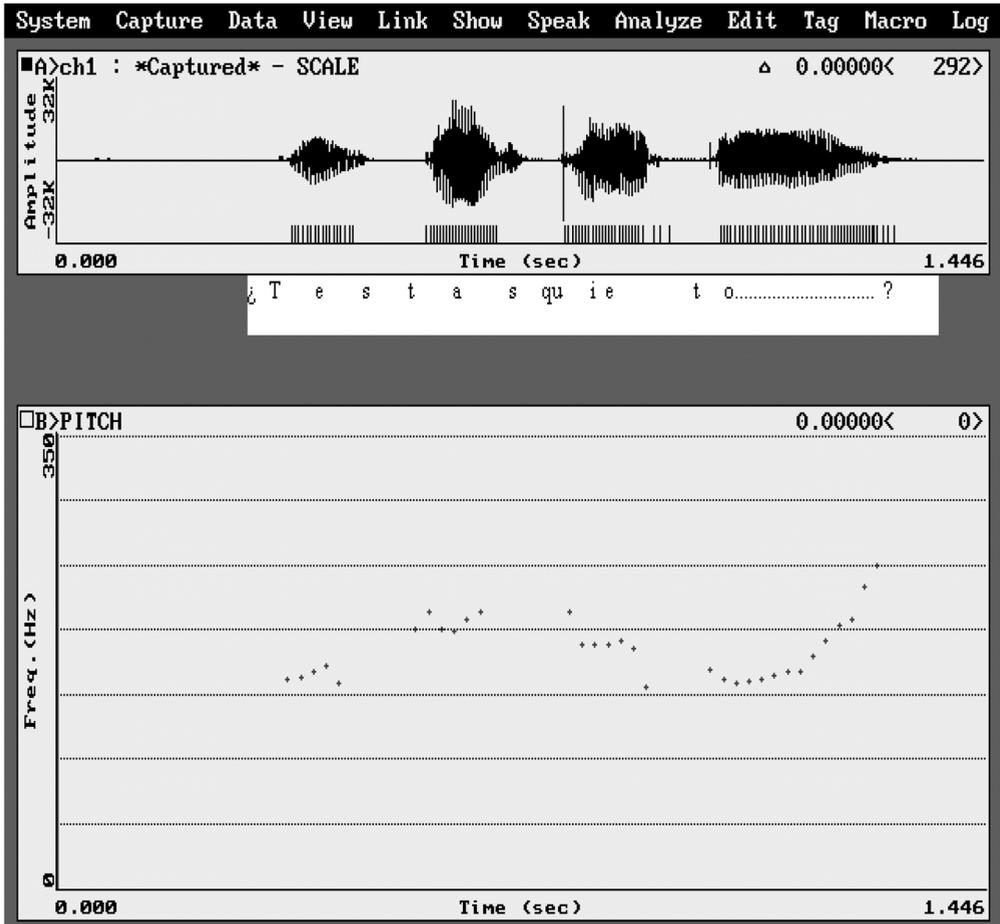
2.3.3. Espectrografía de la frecuencia fundamental. (F_0)

Cuando se trata de analizar solo la frecuencia fundamental del habla que, al fin y al cabo, es la base de la *fonación* y de la posterior *actividad resonadora* de todos los sonidos, los actuales instrumentos de análisis digital, (opción en la pantalla del monitor del equipo CSL.: «Analyze: Pitch»), dibujan una línea serpenteante de puntos o de cruces (curva melódica), cuyo movimiento tonal queda solo interrumpido por los vanos o huecos en blanco que dejan las zonas correspondientes a los ruidos y los silencios del habla, que, como es ya sabido, carecen de frecuencia. (ver imagen 4). Que es como decir, que solo los tramos de habla que corresponden fonológicamente a unidades vocálicas y consonánticas sonoras, quedan dibujadas por esa línea en forma serpenteante, que representa el tono o frecuencia fundamental de todo el enunciado; (F_0 , pitch, en inglés), mientras quedan vacías de frecuencia las zonas correspondientes a ruidos y silencios, representantes del resto de los fonemas.

Ahora bien, debemos hacer hincapié en que los sucesivos segmentos de puntos o cruces de la línea melódica no constituyen una mera retahíla indistinta ni mucho menos, sino que los respectivos puntos o cruces marcadores suben y bajan de frecuencia según su situación en la formación de los rasgos melódicos y, por supuesto, según su jerarquía en la constitución de los núcleos y contornos del tramo de habla de que se trate. Por lo tanto sirven para caracterizar en primer lugar su propia estructura; y en segundo lugar, tanto el valor fonológico del habla, como los valores expresivos y emocionales de la misma, marcados con las subidas de tono (acento) y las inflexiones tonales (entonación).

Por ello, en todo tramo de expresión oral, lo más natural es que predominen las frecuencias altas en las zonas acentuadas (las más significativas), mientras las frecuencias más bajas se quedarán en las no acentuadas (menos significativas); salvando en todo caso la señalización de las zonas de los rasgos melódicos. Así y por ejemplo, hay una *primera altura frecuencial relativa en el primer pico* (primera vocal acentuada), que da paso inmediatamente al *cuerpo melódico* y que referencia obligatoriamente a la rama o parte final (*inflexión final o tonema*) de la melodía del habla. Este último tramo es muy significativo en todos los enunciados y asciende ostensiblemente: (hasta llegar a veces a más de un 100%), en los contornos interrogativos y enfáticos, y desciende o declina en los meramente enunciativos: (entre un 25 % y un 50 %)

En suma, los tres principales rasgos melódicos del habla son: *la altura relativa del primer pico del habla*, *la declinación en el cuerpo melódico* y *la inflexión final*. La altura relativa del primer pico determina, en cierto modo, a los otros dos: por una parte condiciona el nivel desde el que comienza la declinación, y por otra parte se convierte en punto de referencia para la inflexión final. (Ver imagen 4, ventana B.)



(¿ T e s t a s q u i e t o..... ?)

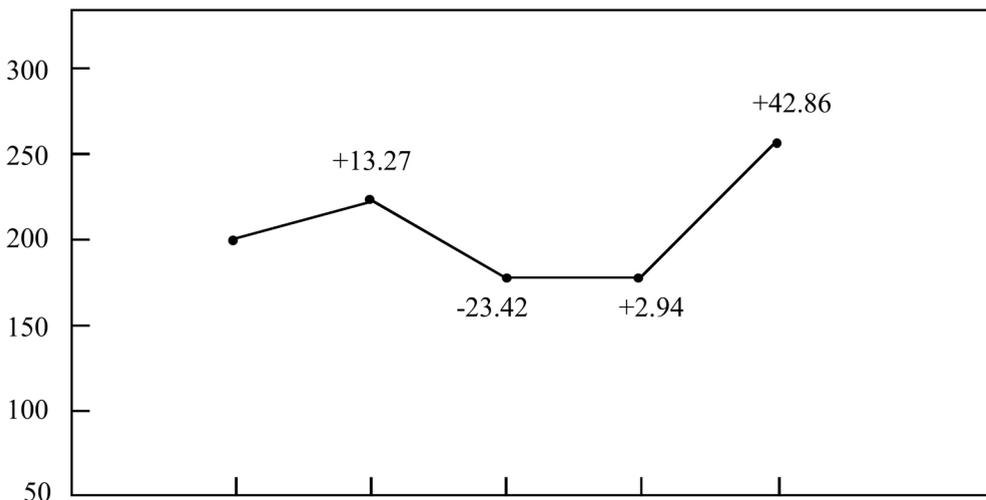
Imagen 4. Frecuencia fundamental (pitch) de la expresión de contorno interrogativo *¿Te estás quieto?* Las mediciones obtenidas en Hz., según el sistema establecido, son las siguientes: 175 Hz. en el primer nódulo que corresponde al fonema /e/; 222 hz. correspondiente al primer pico, que coincide con el fonema /a/; 180 Hz. correspondiente al pico donde se encuentra el sonido que representa a los fonemas /i/ /e/ (zona de la declinación del cuerpo melódico); y finalmente 165 Hz que corresponden al arranque de subida o inflexión frecuencial final, correspondiente al fonema /o/ y 250 Hz que corresponden al mismo fonema, pero ya al final de la inflexión.

Consecuentemente con lo dicho en el párrafo anterior, es conveniente ejecutar dos niveles de análisis en la frecuencia fundamental: Primero relacionamos unos tonos con otros y para ello en la propia imagen 4 hemos abierto dos ventanas denominadas A y B. Tomamos la medida de todos y solos los valores vocálicos, es decir, del núcleo de cada sílaba. Para ello llevamos el cursor de la ventana A al centro de

cada nudo vocálico. Hecho esto, coordinamos este cursor con el de la ventana B (operar en Link) y desde este cursor de la ventana B tomamos las medidas de cada núcleo, teniendo en cuenta que en los núcleos con inflexión hay que tomar dos valores: el valor inicial y el final.

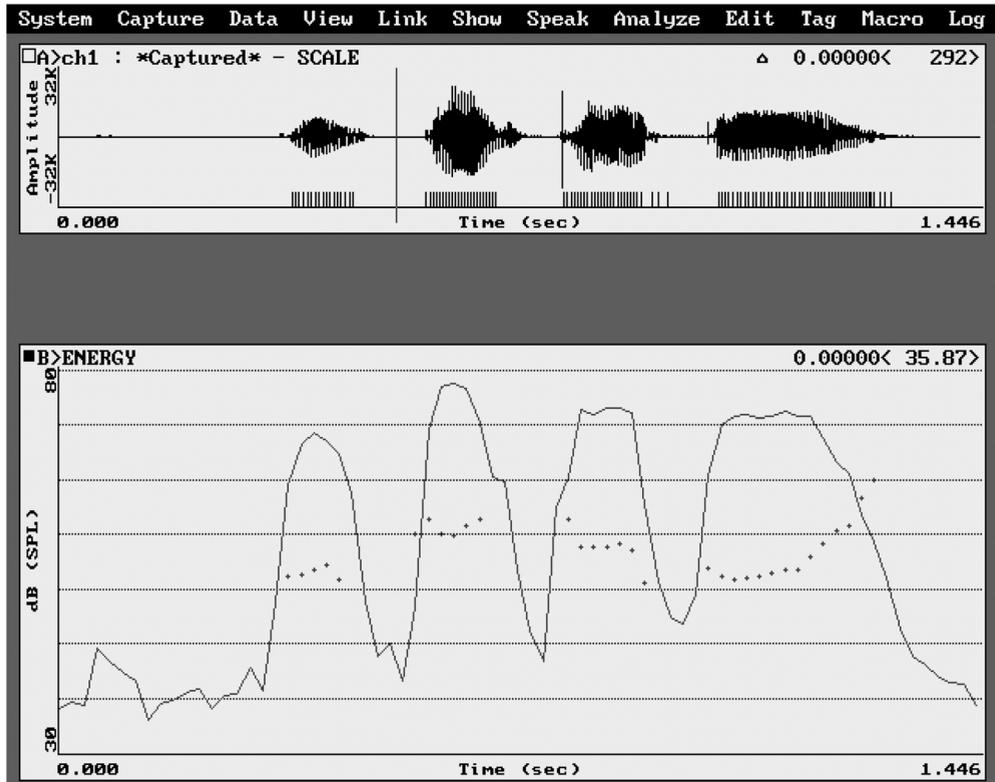
Una vez realizada la medición anterior, en un segundo momento pasamos a relativizar los valores obtenidos en la primera fase, expresando los cambios tonales (ascenso y descenso) entre segmentos, en forma de porcentajes: Todo lo cual nos permite construir el gráfico de la Fig. 1, que no es sino una construcción ideal y logarítmica de la entonación del modelo propuesto, donde quedan bien marcados los tres rasgos melódicos citados: primer pico, declinación en el cuerpo tonal e inflexión final.

Fig. 1. Estandarización del contorno interrogativo de la expresión: *¿Te estás quieto?* El primer nódulo tiene 175 Hz., el segundo nódulo, que coincide con el primer pico, tiene 222 Hz. (+ 13,27 %); el tercer nódulo baja a 180 Hz. (- 23,42 %). A partir de aquí, hay otro nódulo de 165 Hz. (+ 2,94 %), para terminar con una inflexión ascendente de un 42,86 %, al marcar 250 Hz.



2.3.4. Espectrografía de la intensidad o energía

Como se sabe, la *intensidad o energía* de la voz depende de la presión infraglótica del aire que expulsamos al hablar, y es directamente proporcional al tono para hacer vibrar más o menos a las cuerdas vocales productoras del mismo. Por lo tanto el mayor consumo de energía se lo llevan los sonidos, luego los ruidos e incluso los silencios también la consumen, pero en menor cantidad que los ruidos. La unidad de medida, claro está, es el decibelio (dB.).



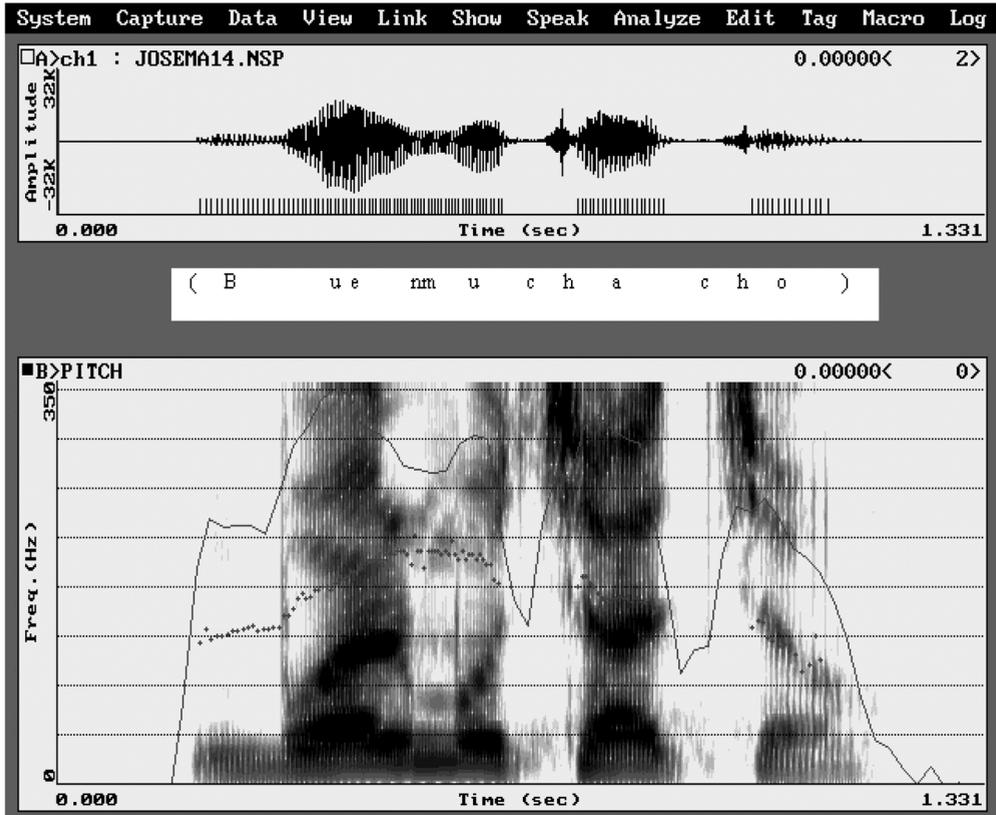
¿; T e s t a s q u i e t o.....!?

Imagen 5 Sobre la frecuencia fundamental de la misma expresión que en la Imagen 4, hemos superpuesto en la ventana B la energía medida en decibelios (dB.). Esta aparece marcada en forma de línea quebrada e ininterrumpida. Se observan en dicha línea la formación de tres grandes valles centrales, que corresponden a silencios y a ruidos. Los cuatro picos corresponden a los cuatro sonidos vocálicos. Obsérvese como el segundo pico de la zona acentuada es el más elevado, marcando 78 dB., mientras los otros tres picos no acentuados marcan 68 dB., 73 dB. y 74 dB. respectivamente. Concluimos, por lo tanto, que los acentos en nuestra lengua elevan la frecuencia del sonido donde van inmersos y también la energía o intensidad, sin olvidar que el tiempo juega también en la caracterización del mismo. Son los tres parámetros: *frecuencia, intensidad o energía y tiempo*, los que caracterizan el acento en la lengua española.

Es ejemplar a este respecto la visión analítica que nos da la imagen 5, en la que superponemos la energía o intensidad en la misma ventana que la de la frecuencia fundamental.(pitch). Con ello no se trata de hacer dos cosas a la vez sin más, sino de observar en la misma ventana cómo la energía, marcada en forma de línea quebrada y continua, hace corresponder los picos más elevados de la misma con las zonas de frecuencia de los sonidos sobre los que se superpone. Por el contrario los valles profundos, que corresponden a los silencios, y las vaguadas menos profundas, que

corresponden a los ruidos, aparecen como encastrados justamente en las zonas donde no hay frecuencia fundamental (pitch).

Y puede servir también de buen ejemplo la imagen propiciada en 6, donde se aprecian los tres parámetros del acento: tonalidad, energía y tiempo que concurren en la sílaba portadora del mismo: «*buen*».



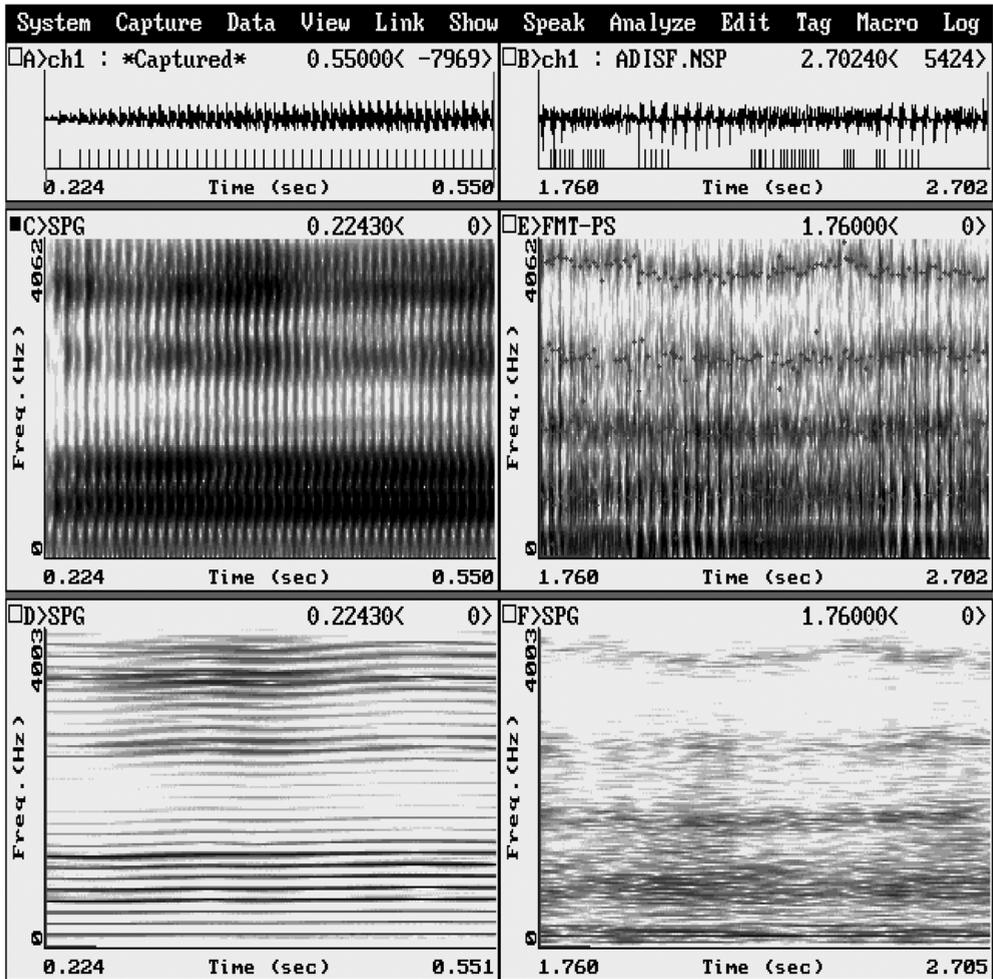
(¡ B u e n m u c h a c h o !)

Imagen 6. Obsérvese en la ventana A la mayor entidad en amplitud y tiempo de la zona acentuada de la expresión y que corresponde, dentro de la sílaba «*buen*», a la zona de «*ue*». Y para mejor identificación y análisis en la ventana B hemos marcado dicha sílaba con banda ancha y sobre la misma hemos superpuesto la frecuencia fundamental (Fo), marcada con puntos y la intensidad o energía, marcada con línea continua. Meridianamente vemos así que el acento en español se nutre de los tres parámetros: tono o frecuencia, intensidad o energía y tiempo.

2.3.5. Espectrografía comparada

Y siguiendo en la misma línea de los análisis espectrográficos anteriores, vemos a continuación que la ductilidad y versatilidad del equipo CSL. permite jugar a la vez con varios tipos de oscilogramas, espectros y espectrogramas. De tal manera que el equipo nos permite abrir en la pantalla del monitor hasta cinco ventanas en paralelo y en horizontal, con un total de 10 ventanas; aunque lo normal es el juego de dos o tres a la vez. Por ejemplo, hemos realizado tres ventanas en paralelo y las hemos dividido después verticalmente en dos partes. Disponemos así de 6 ventanas en total; las de la izquierda del monitor para un tipo de habla normal, que sirve de modelo y las de la derecha para un tipo de habla afectada patológicamente o simplemente retrasada. Establecemos después las comparaciones correspondientes entre unas y otras, (imagen 7) y podemos hacer una serie de estudios comparativos entre las ventanas de la izquierda y las de la derecha del monitor semejantes a las explicitadas al pie de la imagen.

Para realizar la analítica comparada hemos recurrido al modelo más sencillo: el análisis aislado de un sonido vocálico del español (a), emitido por la misma persona, en plena situación disfónica y en situación de normalidad. No es aconsejable la toma de muestras para la analítica de sonidos o ruidos del habla aislados, pues desvirtúan la realidad acústica de la misma. Ahora bien, en este caso hemos descontextualizado el sonido con fines puramente didácticos.



(a) n o r m a l

(a) d i s f ó n I c a

Imagen 7. Hemos situado en paralelo la producción normal del sonido (a) por un adulto masculino, versus la producción disfónica del mismo sonido, producido por el mismo adulto masculino. En las ventanas de la izquierda A, C, D, imágenes de (a) después del tratamiento exitoso de la disfonía, frente a las imágenes de las ventanas de la derecha (ventanas B, E, F, tomadas en situación disfónica grave. Obsérvese en la ventana A la regularidad del oscilograma, frente a la irregularidad del mismo en la ventana B, apreciable en la propia figura del oscilograma, pero sobre todo en las rayitas verticales que señalan la buena fonación en ventana A, frente a la más mala fonación en la ventana B: (faltan rayitas en algunas zonas y en otras hay agrupamientos). Vemos después en la ventana C un detalle en espectrograma en banda ancha de la buena conformación de las estrías fonatorias, que naturalmente fallan bastante en toda disfonía, por mínima que sea (ventana E). La mayor o menor gravedad disfónica se aprecia en la mejor o peor ejecución de estas estrías. Finalmente veamos la buena estructura del espectrograma en banda estrecha

(Ventana D), frente a la pobre estructura de formantes en la ventana F. La banda estrecha tiene la virtualidad sobre la banda ancha de poder apreciar en ella todos los armónicos, desde el F_0 o fundamental, que corresponde a la línea horizontal más baja. Obsérvese en esta ventana D la regularidad de todos los armónicos (líneas horizontales) frente a la total irregularidad de estos armónicos en la ventana F. Esta particularidad de la banda estrecha tiene como contrapartida la dificultad de apreciar con nitidez en la misma los formantes que, como se puede apreciar, solo se acusan en el mayor grosor y la mayor negrura de las líneas horizontales.

2.4. Fonación, resonancia y articulación del habla

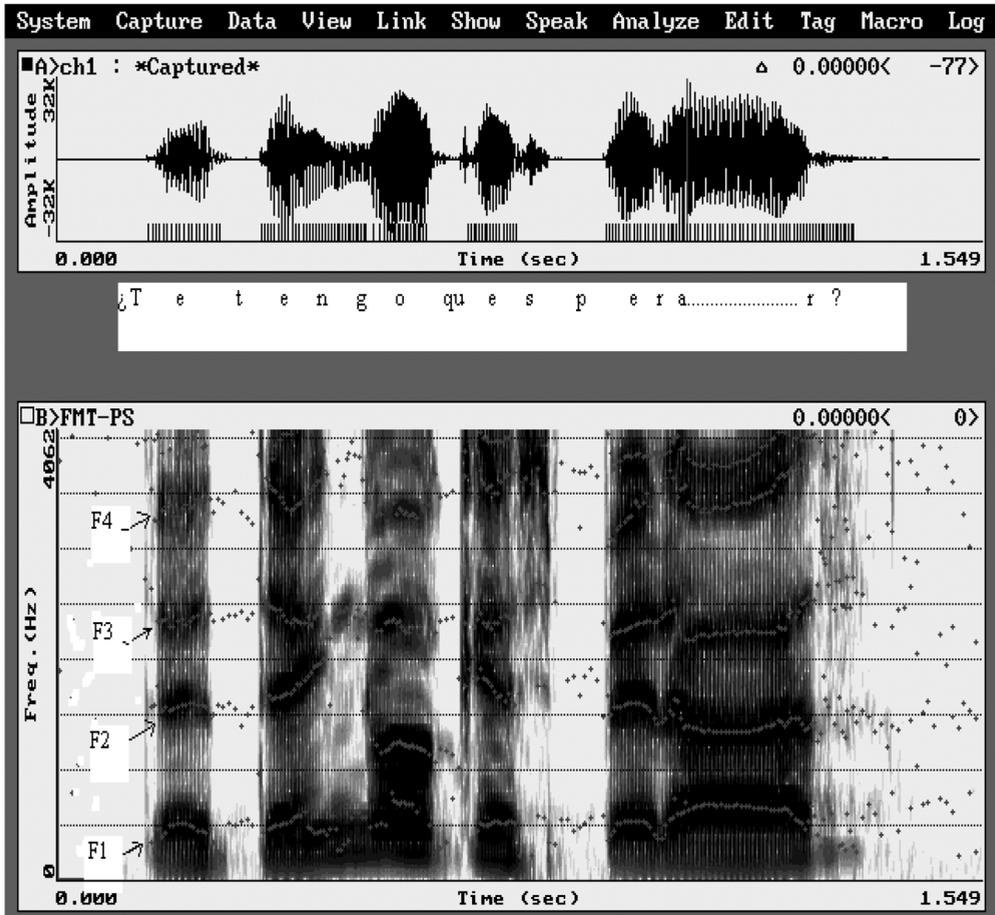
Cuestión importante a considerar, cuando se habla de *sonidos*, de *ruidos* y de *silencios* del habla, es la de señalar exactamente el lugar y los mecanismos fisiológicos de su producción. Así mientras los **sonidos** se producen originalmente en la laringe y son debidos, en primer lugar a la *actividad fonatoria* o movimientos de apertura y cierre de las cuerdas vocales (movimientos o impulsos glóticos), éstos mismos sonidos se refuerzan posteriormente en las cavidades supralaríngeas (*actividad resonadora*). Mientras que los **ruidos** y **silencios** se producen solo en la boca y son el resultado de la actividad de sus *órganos articulatorios*: lengua, arcos dentarios, paladar duro y blando. Hablamos por lo tanto, cuando se trata de sonidos, de dos actividades distintas: *la fonatoria*, propia de la laringe y de la glotis para ejecutar los sonidos complejos y armónicos, y de la *resonadora*, propia de la boca, lengua, arcos dentarios, etc., para ejecutar la segunda fase de los sonidos (actividad resonadora); y, por el contrario, hablamos de actividad *articulatoria* para producir en su única fase los ruidos y marcar los silencios.

Por lo tanto, los sonidos sufren una especie de *doble filtrado*: primero al vibrar el aire en las cuerdas vocales (*actividad fonatoria*); y segundo al atravesar «el aire fonado» por las cavidades supralaríngeas: *faringe*, *boca*, *labios*, *cavidad nasal* (*actividad resonadora*). Por lo tanto todos y solos los sonidos tienen en su ejecución estos dos momentos ya señalados: primero *fonación laríngea*, cuyo resultado es *el tono laríngeo*; después *resonancias en las cavidades orofaríngeas*, cuyo resultado son *los formantes o resonadores*. Por el contrario los ruidos y los silencios carecen de suyo de *fonación laríngea o glotal* y son meramente productos *articulatorios*, que incluso tampoco tienen *formantes*.

El resultado del filtro de los sonidos lo tenemos a la vista en todas las imágenes de espectrogramas de banda ancha, pero observemos nuevamente el fenómeno en un nuevo ejemplo (imagen 8): algunos armónicos de los sonidos de la expresión interrogativa «¿Te tengo que esperar?», adquieren más energía, *se amplifican*, mientras otros quedan *atenuados* y no se ven. De tal manera que la imagen que se obtiene del sonido, una vez, resonado, es totalmente distinta que la que veíamos antes en el espectrograma de banda estrecha (imagen 2).

Por lo tanto y como ya quedó dicho, en la banda estrecha se propicia la visión *fonatoria*: la frecuencia fundamental y todos sus armónicos. Mientras ahora y en banda ancha fundamentalmente se propicia la visión *resonadora*; por ello se ven

solamente, una vez filtrados, los armónicos ampliados o *formantes resonadores*, que normalmente serán tres o cuatro y como tales determinarán el sistema vocálico de una lengua (F1, F2, F3,...)



¿ T e t e n g o q u e s p e r a r ?

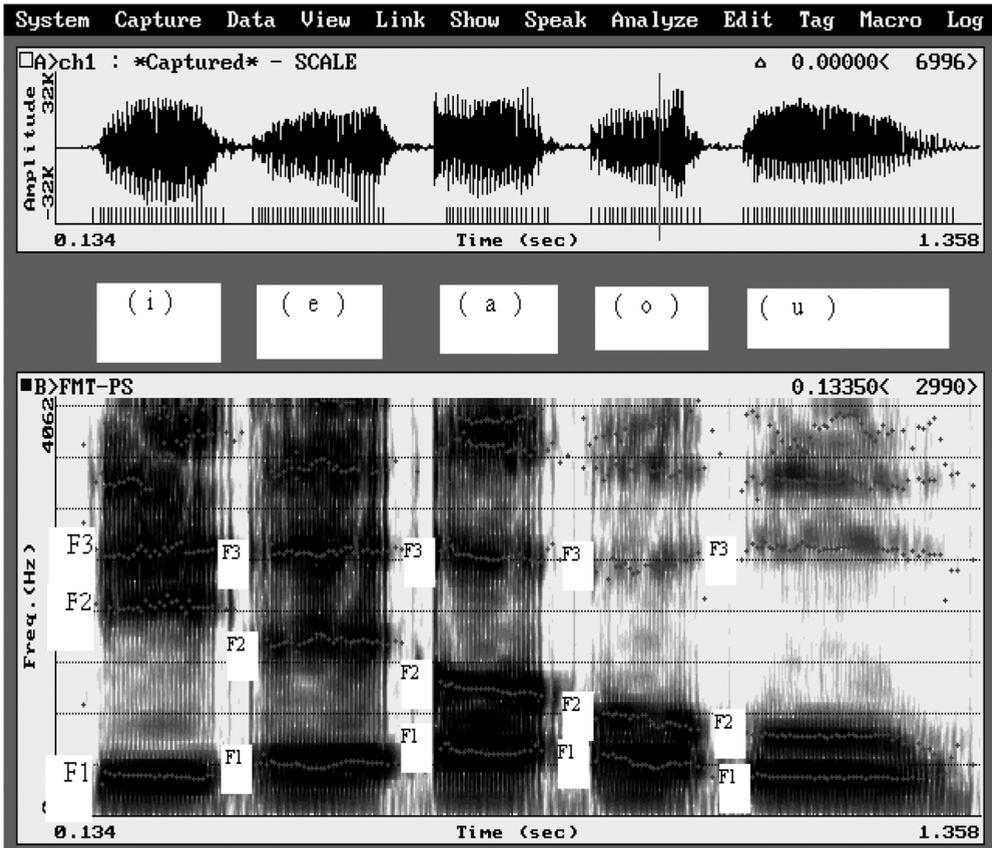
Imagen 8. Vemos en la ventana A, una vez más el oscilograma de captación de la imagen. Y, como ya hemos advertido otras veces, en el mismo sobresalen por su amplitud los sonidos, a diferencia del ruido de (s), único ruido de la expresión. Por su parte los silencios, que corresponden a los fonemas /p/, /t/, /k/ están prácticamente vacíos, tanto aquí en el oscilograma, como en la ventana B del espectrograma.

Consideramos aquí especialmente y en la ventana B un espectrograma de banda ancha (145 Hz.) de la expresión interrogativa: *¿Te tengo que esperar?* Esta banda es la más usada en la analítica del habla, dado que, no solo es la más rápida, sino que permite ver y calibrar los formantes articulatorios, así como las estrías verticales de la fonación, entre otros detalles, que vamos a precisar paso a paso: 1º. Las bandas o formantes corresponden a los sonidos en exclusiva y se denominan: F1, F2, F3, F4, y son el resultado de la resonancia, a su vez, ésta también es resultado de

la configuración de los órganos articulatorios de la boca: *lengua, labios, paladar...* Por el contrario las estrías verticales de cada sonido corresponden a la fonación o movimiento de las cuerdas vocales. De ahí que el espectrograma de banda ancha analice con nitidez los dos momentos de producción del sonido: la fonación y la resonancia de los sonidos; y obviamente, si la fonación es mala o regular, los formantes estarán alterados. En cualquier caso la rehabilitación nos indicará mediante la imagen los avances en uno o en otro momento de la producción del sonido: fonación o resonancia.

Recordemos que los ruidos carecen de fonación y que los silencios en realidad son una mera producción articulatoria prácticamente vacía de contenido en cuanto a la frecuencia, que siempre está ausente y en cuanto a la energía, que la tiene en cantidades mínimas. Parece ser que es el tiempo o la duración el índice regulador y marcador principal de la fonología de los tres silencios del español (p), (t), (k). Ver a este respecto Martínez Celdrán (1993). *La percepción categorial de /b/, /p/ en español basada en las diferencias de duración.*

Debemos advertir finalmente, que el fenómeno resonante sucede, poco más o menos, así: las ondas sonoras procedentes de la glotis laríngea *pasan a través de* las cavidades resonadoras; de ahí el nombre de *resonancia*. A su paso y por contagio o por *simpatía*, como a algunos les gusta decir, hacen vibrar también a estas cavidades, que se suman así para *ampliar* algunos de los *armónicos*. Los efectos de la resonancia son las bandas horizontales o *formantes* y éstos son los que caracterizan a los sonidos de las lenguas, como quedó ya dicho, y que principalmente afectan a su vocalismo. Y, precisamente por ello, es conveniente visionar la disposición de los formantes en el vocalismo de la lengua española, tal como aparecen en la Imagen 9, y tal como ha sido producido por un hablante masculino adulto, que ha dicho las unidades vocálicas por este orden: /i/, /e/, /a/, /o/, /u/.



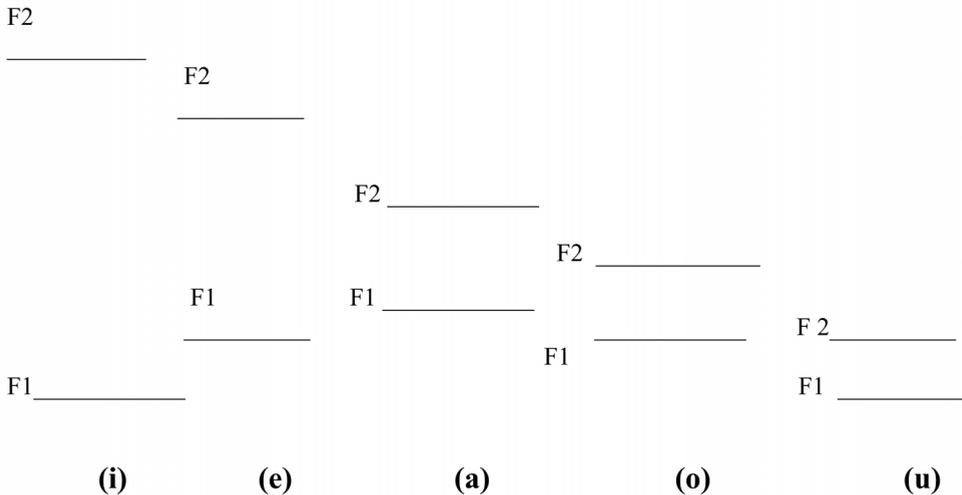
(i) (e) (a) (o) (u)

Imagen 9. En el oscilograma no hay nada que distinga a los cinco sonidos vocálicos, pronunciados aisladamente por un informante masculino; únicamente se aprecia menor entidad en las ondas en forma de madeja, de (u), debido a su menor intensidad, (menos decibelios), por ser final de la emisión.

En cambio en el espectrograma, obsérvense las bandas de resonancia o formantes, principalmente el primero y el segundo (F1 y F2). En (i), (e), estas dos primeras bandas están separadas o *difusas*, mientras en (a), (o), (u) están juntas o *densas*. Por otro lado véase como la segunda banda o formante (F2) de (i), (e) están en la zona de los 2400 Hz. el de (i), y en la zona de los 2000 Hz. el de (e), (zona de agudos), mientras que el F2 de (a) está en una zona neutra (1500 Hz.), pero el resto de vocales: (o) y (u) tienen su segundo formante (F2) en la zona de los *graves*. Intuitivamente, por lo tanto, es fácil ver la distinta estructura del vocalismo del español: 1º. Véase como en los primeros formantes (F1) sube la frecuencia desde (i) hasta (a), para comenzar a bajar desde aquí hasta (u). Mientras en los segundos formantes (F2), la frecuencia baja en escalera desde (i) hasta (u) ininterrumpidamente

Para facilitar la memorización de los dos primeros formantes del vocalismo del Español, nada mejor que la visión y el análisis del siguiente esquema (Fig.2), siempre distribuidos por este orden (i), (e), (a), (o), (u).

Fig. 2. Esquema simplificado de la posición teórica en frecuencia (Hz.) de los dos primeros formantes (F1, F2.) de los cinco sonidos vocálicos de la lengua española



En consecuencia, la *frecuencia y los sonidos del habla*, que son los únicos que pueden tener dicha *frecuencia*, se constituyen cualitativa y cuantitativamente, como veremos a lo largo de toda la exposición, en los principales objetivos de la fonética acústica; y en consecuencia también, *el análisis de los sonidos, sus frecuencias y el resto de sus características (energía y tiempo) constituirán fundamentalmente la base de cualquier diagnóstico y evaluación de las patologías del habla a través de las imágenes. De la misma manera en el estudio de los procesos iniciales de la adquisición del habla, tanto en el niño normal como en el hipoacúsico, el desarrollo de los sonidos tendrá mayor incidencia perceptiva y productiva que el desarrollo de los ruidos y silencios.*

3. FONÉTICA Y FONOLOGÍA: LA SEGMENTACIÓN FONOLÓGICA DE LOS SONIDOS, LOS RUIDOS Y LOS SILENCIOS DEL HABLA

Ya sabemos que los hechos y conceptos que acabamos de exponer en los números anteriores, pueden resultar novedosos para algunos y tal vez atrevidos para otros; por todo ello y a modo de conclusión de los puntos 2 y 3, vamos a precisar algunos detalles. Hasta ahora hemos establecido límites claros entre *sonidos, ruidos y silencios*, de modo y manera que su reconocimiento en fonética acústica por imágenes digitales resulta cualitativamente de extrema sencillez, dado que en dichas imágenes se observa siempre un cambio brusco entre un sonido de movimiento periódico (vocales) y un ruido de movimiento aperiódico (en Español referidos a los fonemas

/s/, /z/, /f/, /j/); o bien hay una diferencia enorme entre los movimientos de un sonido o un ruido por una parte, con respecto al silencio producido por una oclusión o cierre de los órganos articulatorios (fonemas /p/, /t/, /k/), si bien en nuestra lengua española hay un fonema que participa primero de un tramo de silencio, seguido de otro tramo de ruido: /ch/. (véase este fenómeno en imagen 6, ventana B)

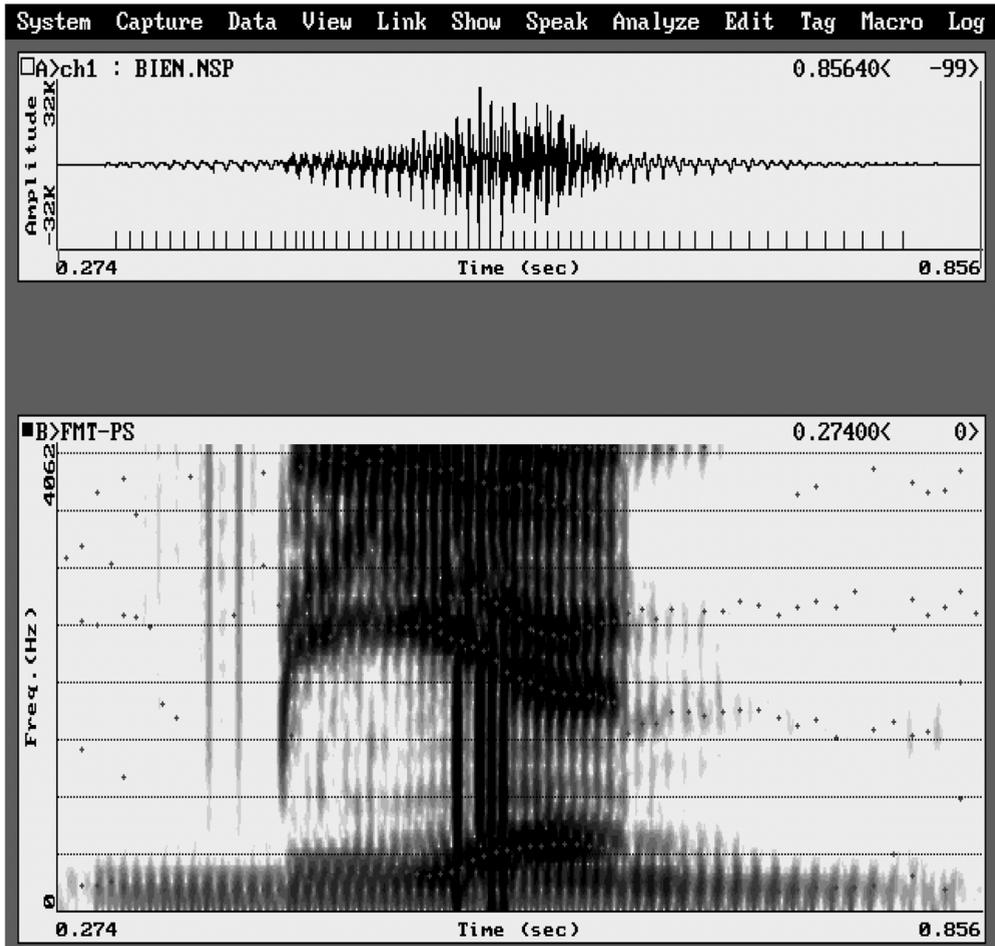
Ahora bien, la tarea de deslindar un sonido de otro no se revela tan fácil como la segmentación entre sonidos, ruidos y silencios. Hemos recurrido para ello a la sílaba y creemos que en ella, en su delimitación, comienza y termina la respuesta a la segmentación del sonido, del ruido o del silencio en fonemas. Por lo tanto, si es difícil delimitar la sílaba, difícil será delimitar los sonidos los ruidos y los silencios; pero en ello estamos, lo que quiere decir, que será en *la sílaba* y por *la sílaba* desde donde podremos segmentar el sonido el ruido y el silencio; porque además una cosa es delimitar sonidos, ruidos y silencios y otra delimitar fonemas. Y desde la sílaba inmediatamente llegamos a la *palabra fónica* y, una vez aquí, a la delimitación de fonemas

Veámoslo prácticamente, considerando las palabras fónicas y monosilábicas de la lengua española: *bien*, *tres*, *mal*, y *dos*; en las que cualquier hablante del español automáticamente distinguirá cuatro elementos fonológicos (fonemas) en las dos primeras palabras y tres elementos en cada una de las dos siguientes. Ello es debido, en primer lugar a la visión de cuatro y tres letras, que sobre dichas palabras tienen los lectores; sencillamente porque la escritura en español es fonológica. Y en segundo lugar porque realmente los más reflexivos conocedores de la lengua saben que cualquiera de esos elementos fonológicos puede intercambiarse con otros. Así /b/ de *bien* puede sustituirse por /k/, (escrito qu) para *quien*; y de la misma manera /i/ se sustituye por /u/ para *buen*, etc. Es decir, el hablante conoce el funcionamiento y los valores opositivo y contrastivo de esos fonemas en su lengua y los utiliza más o menos conscientemente; por ello podemos decir que tal división se hace a partir de *principios fonológicos y alfabéticos*, pero en modo alguno *fonéticos*.

Así pues y en la línea de las segmentaciones *fonológicas*, nuestros análisis por imagen de esas cuatro palabras citadas, nos dicen que en los casos de *bien* y *mal* se trata de un solo sonido, cobijado o delimitado en los dos ejemplos en una sola sílaba, pero cuyos valores fonológicos están segmentados en cuatro fonemas en el primer ejemplo y en tres fonemas en el segundo. Mientras en el caso de *tres* la imagen acústica nos dice que primero hay un tramo de silencio (t), al que sigue un sonido largo, que engloba a los fonemas /t/ y /e/, para terminar con un ruido el de (s), que representa al fonema /s/. Por su parte, en *dos* hay primero un sonido y después un ruido: el primero engloba a los fonemas /d/, /o/ y el ruido representa a /s/. Por lo tanto ahora habrá que concretar: primero, cuáles son los parámetros acústicos relevantes sobre los que basar la segmentación fonológica, porque obviamente seguir diciendo que hay cuatro sonidos en *bien* y tres en *mal*, no es nada más que un *mito*, *que tiene su origen en la escritura* (Cantero, 2002: 16), es decir, que no tiene ningún fundamento *en la realidad acústica, en la propia esencia fonética del sonido o del ruido*. Por ello y en segundo lugar, de alguna manera habrá que marcar o, al menos, encontrar bien las fronteras entre los segmentos fonológicos.

Para ejemplificar este punto, hemos realizado una nueva imagen (10) en banda ancha y correspondiente a la palabra *bien*. Nuestro objetivo, en este caso, no es ni más ni menos que experimentar sobre la percepción de los cuatro fonemas que corresponden a dicha palabra *bien*, es decir, saber de los factores acústicos que contribuyen o, al menos, creemos que contribuyen a que percibamos la diferencia y delimitemos entre esos cuatro fonemas de la palabra en cuestión.

Partimos de unas hipótesis falsas y solo definidas por factores articulatorios y por presuposiciones fonológicas y alfabéticas, lo que obviamente a muchos les impide ver las cosas. Tal vez dirán: «como hay cuatro fonemas y cuatro letras debe haber cuatro sonidos» y «como /b/ se articula bilabialmente, es oclusivo, es consonántico, etc...» Y no es esta la cuestión; puesto que la experimentación acústica nos descubre un solo sonido en dicha palabra *bien*, y de ello no podemos tener la menor duda, una vez examinados osciligramas y espectrogramas de todo tipo, la propia experimentación nos debe descubrir índices suficientes que nos conduzcan a una hipótesis precisa sobre las causas de la división o segmentación de una solo sonido en cuatro fonemas, en este caso concreto.



(_ B _ i _ e _ n _)

Imagen 10. En la ventana A vemos un oscilograma que representa la palabra española *bien*, emitida por una voz de adulto, masculino. Las ondas van aumentando en energía (dB.) según se van acercando al centro de la «madeja»; y desde el centro van disminuyendo en su energía según se acercan al final. Incluso la frecuencia es mayor en el centro que en los límites o contornos, ya que las rayitas verticales que representan la frecuencia están más juntas en el centro que en las orillas o contornos. Todo ello se aprecia a primera vista, pero nunca el oscilograma nos señalaría el lugar exacto desde donde opera la mente humana para separar y distinguir un fonema de otro (categorización fonológica).

Debemos, por ello, recurrir al espectrograma de banda ancha (ventana B) y aquí sí que podemos encontrar las pistas o índices con los que separar o categorizar fonemas. 1°. Vemos en la zona atribuible a /b/ estrías fonatorias, que operan solo entre los 0 y los 500 Hz. y además solo hay en esa zona el primer formante (F1) o banda de resonancia; 2°. Ya en la zona atribuible a /i/, observamos los formantes o bandas negras típicos de dicho fonema y las estrías normales: siempre las estrías de (i), situadas entre los dos primeros formantes pierden energía y por eso aparecen un

tanto desvaídas. 3º. En la zona que teóricamente correspondería a /e/, se aproximan los dos primeros formantes, es decir, sube en frecuencia el F1 y baja el F2. 4º. Llega un momento en que las estrías disminuyen en intensidad y los formantes tienden a desaparecer y tal vez sean éstos los indicadores iniciales del fonema /n/. Las estrías verticales van perdiendo poco a poco intensidad hasta desaparecer.

Por lo demás, los guiones, situados entre las letras al pie de la imagen, señalan la posición teórica de iniciación y término de los indicadores fonéticos de los cuatro fonemas de la palabra «bien». En resumen, un solo sonido (fonética) representa a cuatro funciones o fonemas (fonología), cosas de la fonética y de la fonología y todavía habrá alguno que las confunda.

Hemos hecho nuestras conjeturas, basándonos en datos analíticos tal como los exponemos a pie de la imagen 10, siempre sobre la base de apreciaciones en valores de frecuencia (Hz.) y energía (dB.). Después hemos experimentado sobre las variaciones de estos mismos factores y su influencia en la identificación fonológica; concluyendo en principio que las variaciones de tono frecuencial (Hz.), en sus manifestaciones formánticas (F1, F2, F3), acompañadas también de variaciones de energía (dB.), son los índices más influyentes en la identificación fonológica, segmentadora de un mismo sonido, como ocurre en el caso de la palabra *bien*.

4. LAS IMÁGENES DIGITALES DEL HABLA Y LAS NECESIDADES EDUCATIVAS ESPECIALES EN LA ESCUELA INFANTIL Y PRIMARIA

El concepto de «necesidad educativa especial» se manifiesta en el hecho de que es la Escuela, el Colegio, en realidad el profesor el que debe encontrar las respuestas adecuadas a las necesidades que los niños o alumnos presenten. Es un compromiso del sistema educativo, cuyo nivel mayor o menor de respuesta, está en manos del maestro, de su preparación, de sus intereses educativos. Por lo tanto, como cabe suponer, nuestra actividad en el Laboratorio de Fonética consiste solo en la utilización de las técnicas de análisis digital del habla, cuyo fin inmediato es la de su conocimiento por los alumnos de Educación Especial y Audición y Lenguaje, futuros maestros, pero cuyo fin último es que las técnicas del análisis del habla sirvan para dar respuesta a las necesidades educativas especiales del habla en la educación infantil y primaria. Pues si la responsabilidad de la atención a los alumnos con necesidades educativas especiales del habla recae en el profesor-tutor de estos niños, obviamente la responsabilidad en la mejor y más actualizada formación de los maestros de Educación Especial y Audición y Lenguaje recae en el Profesor de Didáctica de la Lengua.

Por lo tanto, el punto de partida de nuestro trabajo ha sido, ni más ni menos, que el diseño analítico de ciertas estructuras del habla, teniendo en cuenta su aplicación a distintos procesos de desarrollo y patología del Lenguaje. Una primera aproximación a los objetivos la hemos propiciado ya en las páginas anteriores. Se trata de productos analíticos ya existentes y por lo tanto su carácter y valor estratégico en Didáctica de la Lengua queda ya explicado y, en parte, aplicado. Consecuentemente en esta parte del trabajo que nos resta, intentamos profundizar en una serie de análisis,

que hemos elegido en función de lo expuesto en las números anteriores y de su importancia en el mundo de las necesidades educativas especiales del habla, pero sobre todo en función de que su aplicación puede representar una mejora respecto a metodologías ya descritas. Nos estamos refiriendo concretamente al diagnóstico y tratamiento de *disfonías* y *de las sorderas*; las primeras que son más o menos transitorias y las segundas que más bien son permanentes. Para ello y por lo que respecta a éstas últimas, a las *sorderas*, utilizamos una metodología prevista en el programa S.N.M. (Sona-Machth), uno de los que integran el equipo C.S.L. Lo hacemos con el pleno convencimiento de que la preparación y el uso de nuevas imágenes digitales tiene un potencial enorme, ya que teóricamente pueden aplicarse a muchos procesos desconocidos.

Función principal de un analista del habla por imagen será, por lo demás, tomar conciencia de que, ante cualquier caso, será preciso tener presentes y analizar las condiciones en que se ha producido el desarrollo del habla del paciente en cuestión: puntos fuertes y puntos débiles en el desarrollo, secuenciación del mismo, puntos de ralentización u obstaculización de dicho desarrollo. En todo caso la imagen digital nos ayudará meridianamente en la tarea cuando ésta es aplicada a una patología o a una situación de desarrollo del habla. Por lo tanto hay que hacer siempre estudios comparativos entre diversos estados o situaciones de los pacientes o los niños evaluados, que podrían realizarse de esta manera:

En una primer evaluación de un paciente o de un niño que está en los comienzos o en una fase determinada del desarrollo de su habla, el analista debe analizar con detenimiento y, por lo tanto, debe saber con suma precisión: *a) de qué tipo de estructuras se trata: sonidos, ruidos o silencios, tal como fueron analizados en los puntos anteriores. b) qué estructuras son las normales para el paciente en cuestión, cuáles tiene dañadas, el grado del daño y qué estructuras le faltan: bien por falta de desarrollo, bien por la pérdida de las mismas; y c) a qué fenómenos fonológicos afectan, tanto las zonas consideradas normales, como las dañadas, así como las que faltan.*

Y, una vez realizada la adecuada terapéutica o el seguimiento correspondiente, en una segunda o posterior evaluación el propio analista observará y evaluará: *a) la recuperación en las estructuras dañadas o afectadas; b) el grado de su recuperación; y c) las estructuras no recuperadas.*

Como los ruidos remiten necesariamente a los fonemas fricativos /s/, /z/, /f/, /j/ y los silencios representan a los fonemas /p/, /t/, /k/, obviamente, todos los demás fonemas que quedan en el español estarán representados por sonidos y a éstos los remitimos, haciendo la advertencia de que un solo sonido puede representar a uno, dos, tres y hasta cuatro fonemas a la vez, como se observa en la imagen 1: el primer sonido de dicha imagen representa a dos fonemas /l/ y /a/ y en la imagen 9, en la que un único sonido representa a cuatro fonemas: /b/, /i/, /e/, /n/.

Por otro lado existe en todas las lenguas la posibilidad de que el correlato acústico de un fonema pueda a veces estar constituido por la combinación de dos segmentos acústicos, como ocurre, por ejemplo, en los dos modos de articulación señalados para ruidos y silencios. Así vemos que puede haber un primer momento de

oclusión para producir el silencio, por lo tanto aparece un blanco o vacío en la imagen del espectrograma y del oscilograma, a la que sigue una especie de turbulencia ruidosa semejante en el oscilograma a un «husillo o tornillo». Tenemos así en la lengua española o castellana un fonema muy característico que responde a estos dos momentos articulatorios: primero oclusión y silencio y después una fricción ruidosa. (Lo veíamos en la imagen 6, fonema africado /ch/, teniendo como referente la expresión afirmativa enunciativa: «*Buen muchacho*»).

Consecuentemente con lo expuesto en los puntos anteriores, al hacer un estudio diagnóstico del habla a través de imágenes digitales, lógicamente damos prioridad analítica a los sonidos, sobre los ruidos y los silencios, por razones cualitativas y cuantitativas, alguna de las cuales han quedado ya manifiestas en los párrafos anteriores y que aparecerán más precisas a lo largo de la exposición.

Ahora bien, ni siquiera todos los sonidos tienen la misma calidad, ni la misma cantidad en sus parámetros: *frecuencia, intensidad o energía y duración o tiempo*. Tampoco toda la trama de cada sonido es igual cualitativa y cuantitativamente, pues realmente solo las zonas que representan a los fonemas vocálicos y especialmente las zonas acentuadas y nucleares poseen sus pertinentes características acústicas en alto grado; diríamos que constituyen *la base, el núcleo fónico*. Las zonas restantes, llamadas *contornos o márgenes* y que representan a los demás fonemas sonoros (consonánticos), solo participan de las características de los vocálicos en mayor o menor grado según se acerquen cuantitativa o cualitativamente más o menos al *núcleo fónico*. (Véase, una vez más, la analítica realizada a la palabra «*bien*»; Imagen 10)

Esta prevalencia cualitativa de los *núcleos* de los sonidos, que corresponde o representan fonológicamente a fonemas vocálicos, sobre los *contornos*, que representan a fonemas consonánticos de la misma sílaba; y, aún más, la prevalencia de los *núcleos* vocálicos acentuados sobre los no acentuados de distinta sílaba, tiene en el análisis acústico del habla una notoriedad tan manifiesta que algunos especialistas no dudan en afirmar que, «*la estructura acentual del habla es el principio organizador de la materia fónica y el filtro mediante el cual el hablante organiza y el oyente identifica los bloques compactos del discurso desde el punto de vista perceptivo*»; (Cantero Serena, 2002: 80). De la misma idea participa Caplan (1987 254 y ss), mediante la asignación del acento al núcleo de la palabra fónica, aunque siempre a través de la estructura de la sílaba. Todo ello quiere decir que la vocal acentuada de la palabra, como núcleo de la misma, conserva todas sus cualidades físicas medibles en Hz., dB. y ms., mientras que el resto de vocales y de consonantes (contornos silábicos) quedan un tanto «reducidas» en sus cualidades físicas y por ello *significan menos informativamente*; (Cantero Serena, 2002: 54, 56 y 66 y ss).

Tan intuitivo resulta lo dicho en el párrafo anterior, que ya en trabajos relativamente antiguos: (Firth, 1948: 127 y ss.; Waterson, 1970: 1-24), y sobre todo en otros más recientes, (Archibald.1995: 103 y ss.; Cortés Moreno, 2000: 93 y ss.; Cantero Serena, 2002: 51-58, 72-76 y 78-80), se reivindica la acción informativa del acento y de la sílaba acentuada como núcleo de la palabra fónica, asegurando Archibald, (o.c.: 103), que «los niños en la etapa inicial de adquisición de su primera lengua

tienden a omitir las sílabas anteriores a la acentuada, pero no las posteriores». Y así *serpiente* da *pente, en el «argot infantil», *muñeca* *keka, *chupete* da *tete o *pete y *chocolate* da normalmente *tate, mientras al *acueducto* algunos niños segovianos comienzan por llamarle *duto, *tuto o incluso *eduto, al agregar el artículo al nombre. La estructura de la sílaba acentuada y su contorno darían así la pauta en la formación y producción de las palabras.

Todos estos autores sugieren, en cualquier caso, que los niños de estas edades extraen la mayor información de la sílaba acentuada y luego, en el momento de decir sus primeras palabras, la *zona de mayor realce y ejecutoria en su expresión* sigue siendo *la acentuada*, como no podía ser de otra manera. Y ello resulta así de sencillo ya que la concienciación fonológica del habla infantil no pasa por la segmentación del fonema, sino que usa preferencialmente otras estructuras fonológicas (palabra fónica y sílaba) hasta su llegada a la alfabetización. Ésta última será, por lo tanto, un mundo nuevo para el niño, en el que las letras, todas por igual, representarán fonemas. Incluso y a este respecto Mattingly (1989 a: 18) llega a asegurar que: «para hablar y comprender nuestra propia lengua no es necesaria la conciencia existencial del fonema».

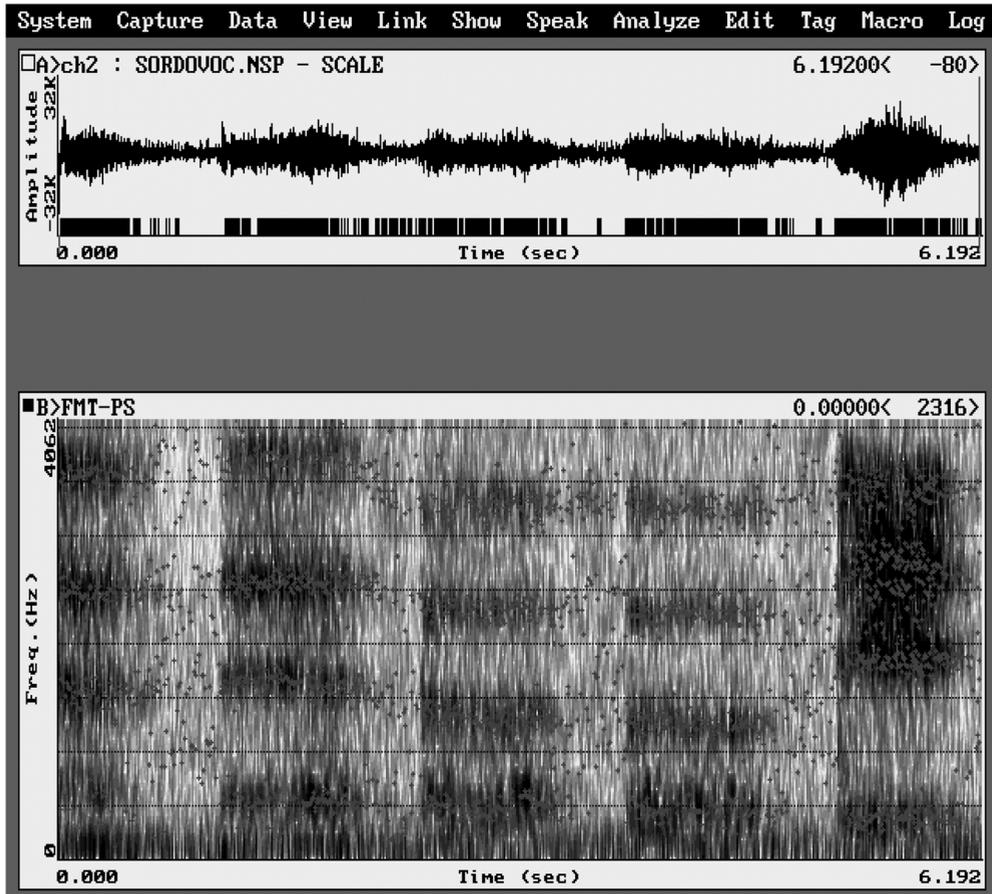
En concreto, la forma silábica, tan debatida en la investigación, nos da pie no solo para conocer mejor los procesos de adquisición y desarrollo del habla, sino que también nos va a servir de guía en la segmentación del sonido, dado que a veces es difícil precisar donde comienza un sonido y termina el otro.

Consecuentemente no todo vale igual en el habla al valorarla fonética y fonológicamente y, llegados ya al terreno de la patología del habla, el considerar a todos los valores fonológicos iguales desde el punto de vista perceptivo y productivo, como se ve y se oye, parece ser un inmenso error. Otra cosa será la escritura, como dijimos antes, haciéndonos ver en todo caso, las enormes diferencias cualitativas y cuantitativas existentes entre habla y escritura, diferencias que el especialista hará muy bien en tener siempre en cuenta para no dejarse engañar.

En resumen, dado que la *fonación y resonancia*, por este orden, son los dos momentos sucesivos en la producción de los sonidos, si la fonación es adecuada: (*hay simetría en las estrías producidas por las cuerdas vocales*), razonablemente seguirá una resonancia también adecuada: *formantes bien caracterizados*. Se trata pues, de examinar y ver primero el problema de las frecuencias (fonación) y después el problema de las resonancias (articulación). Obviamente ruidos y silencios carecen de fonación al carecer de frecuencias, y por ello su analítica entra solo en el campo de la articulación, salvo sonorizaciones de los mismos.

Por lo tanto, se puede pensar que en la adquisición del habla en el niño retrasado o en cualquier análisis de las variadas patologías del lenguaje, deben distinguirse con claridad los dos momentos de la producción sobre todo en los sonidos en su parte nuclear vocálica: el *fonatorio* y el *resonador*. De tal manera es importante este análisis *fonatorio* que de él depende toda la restante analítica del sonido; es decir, el analista debe fijarse primero en las estrías glotales, sabiendo que una buena estriación no asegura siempre unos buenos formantes en la *resonancia* posterior; aunque casi siempre estén dañados a la vez los dos momentos de la producción vocálica.

Obsérvese a este respecto las formaciones acústicas normales de los cinco fonemas vocales del español tal como las acabamos de ver en la imagen 9, y compárese después con el espectrograma de la imagen 11 (ventana B), que corresponde al habla de un joven sordo, que dice también los cinco fonemas vocálicos del español. En la imagen producida por este joven sordo se acusa una mala formación de estrías fonatorias y también una consecuente mala conformación de formantes; pero si se observa detenidamente la imagen, está mucho más dañada la *fonación* (mala estriación), que la *resonancia* (mala estructura de los formantes).



(a) (e) (o) (u) (i)

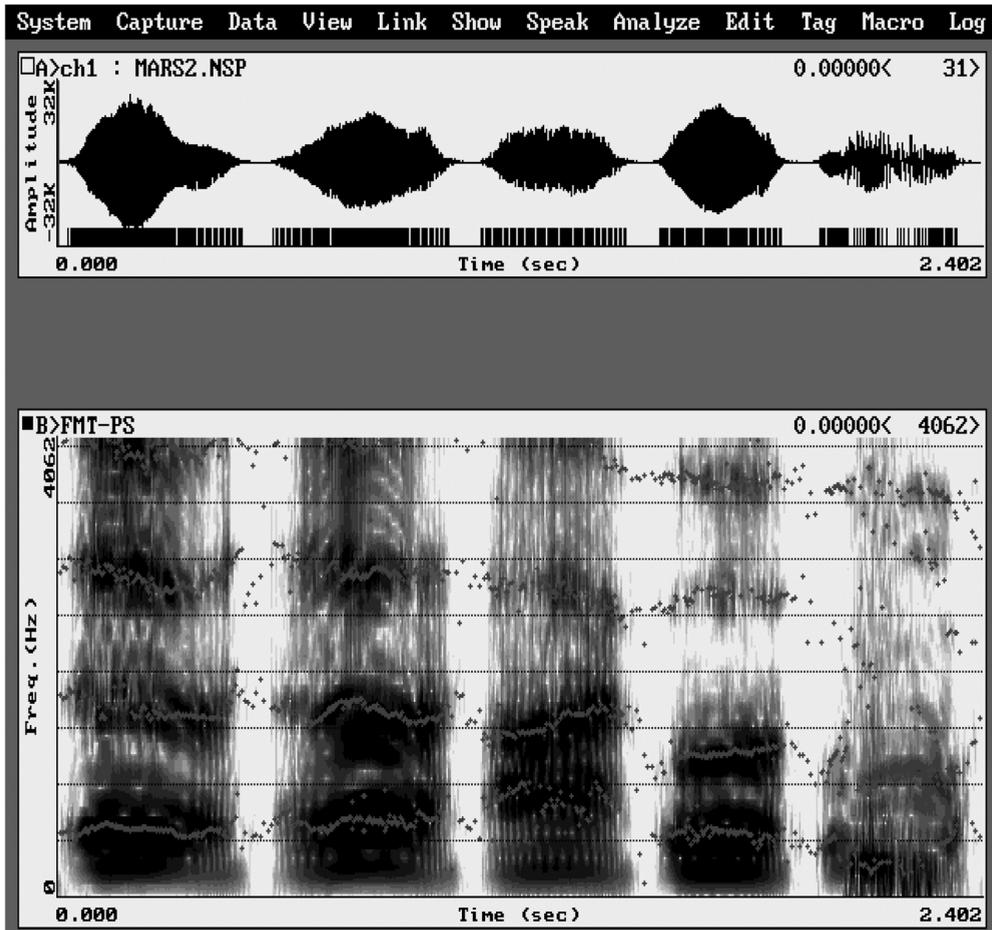
Imagen 11. Obsérvese la mala estructuración del vocalismo de un informante sordo, adulto de 17 años. En primer lugar hay una mala estriación fonatoria. En segundo lugar véase la mala estructuración de formantes o bandas de resonancia con respecto al F1, mientras están bastante bien estas bandas en el F2. Compárese esta imagen con la núm. 4. En primer lugar y para su lectura, téngase en cuenta el orden de la misma, alterada por el informante sordo. Obsérvese que el

F1 (formante 1) prácticamente está producido en la misma frecuencia en todos los sonidos vocálicos, es decir, en torno a los 500Hz, cuando lo normal es que en un adulto masculino, el F1 de (i), (u) están en torno a los 350 Hz., mientras el F1 de (e) y (o) están en el entorno de los 620 Hz. Por su parte el F1 de (a) está a más de 750 Hz., es decir, siempre se acusa una escala ascendente desde el F1 de (i), (e) hasta llegar a (a) y desde aquí se desciende a través de (o), (u). En cuanto al F2, en la escala descendente desde (i), (e), (a), (o), (u), por este orden, la estructuración está bastante bien. La terapéutica, por lo tanto, debe ir encaminada hacia la mejora en la fonación y la mejora en el primer formante (F1) de los cinco sonidos vocálicos.

La estriación normal o anormal producto del movimiento de las cuerdas vocales (impulsos glóticos), manifiestan en todo caso la normalidad o anormalidad de la fonación que, como dijimos, es la base operativa del habla. De ahí la importancia de su analítica en las situaciones de *parálisis cerebral*, *tartamudez sordera* y *disfonías*, entre otras anormalidades del habla. Como muestra, ya observamos en la imagen 7. la situación de anormalidad de una persona disfónica en la que están muy deteriorados los movimientos glóticos en algunos tramos de sonido allí analizado y que corresponde al sonido (a). Como se puede observar en dicha imagen, la afección disfónica afecta gravemente al tramo analizado (ausencia parcial de movimientos glotales y mala disposición de los formantes).

Aplicado al paciente el tratamiento correspondiente y, una vez tomadas las mismas muestras de imágenes que corresponden a la misma expresión, se vuelve a examinar exáctamente el mismo tramo. Se observa en la imagen ahora una recuperación notable en toda la expresión analizada, especialmente se observa la mejora en la zona más dañada: hay recuperación de gran parte de los movimientos glotales y la estriación glotal está en su mayor parte también recuperada. Así mismo se cuenta ya con la presencia y la mejor conformación de sus formantes (imagen 7). En suma, el diagnóstico por imagen ha acompañado todo el proceso del diagnóstico y el tratamiento del paciente en un caso de *disfonía*; y de la misma manera se puede llevar, pongamos por caso, en una *parálisis cerebral* o en una *tartamudez o disfemia* o en una *sordera*, de una joven de 22 años, estudiante de 2º. Curso de Magisterio

Este es el caso que presentamos para finalizar nuestro trabajo. Sabida y conocida es ya a estas alturas la importancia que tienen para la buena resonancia de los sonidos la presencia de los formantes (F1 y F2) principalmente éstos, en la configuración espectrográfica de los mismos. Recordemos la disposición normal de estos formantes dentro del espectro, con la ayuda del Esquema teórico representado en la Fig. 2. Pues bien, hemos tomado como informante a una persona sorda, mujer, de 22 años y hemos analizado en banda ancha la realización de sus cinco fonemas vocálicos, tal como se ven en la imagen 12 y se explicitan al pie de dicha imagen, que se debe leer con detenimiento.



(i) (e) (a) (o) (u

magen 12. Se trata de una informante sorda, de 22 años, alumna de 2º curso en la especialidad de Audición y Lenguaje. Veamos con detalle el espectrograma: en cuanto a la fonación, obsérvese como la calidad casi es perfecta en el sonido (a): estrías verticales bastante bien formadas sobre todo en la zona más baja, la que llega hasta los 1000 Hz.; pero no sucede así en los demás sonidos, sobre todo en el correspondiente a (u). Ahora bien la fonación en general es muy superior en calidad a la del informante sordo de la imagen 11. En cuanto a la producción de las bandas de resonancia o formantes acusan varios problemas: En ambos formantes (F1 y F2) mantiene con cierta debilidad las escalas de subida desde (i) hasta (a) y de descenso desde aquí hasta (u), en el primer formante (F1) y el descenso ininterrumpido desde (i) hasta (u), en cuanto al segundo formante (F2). Ahora bien, el F2 de (i) debe subir al menos en 100 Hz.; el F2 de (e) se debe subir un poco más; prácticamente está bien (a), mientras que el F2 de (o) hay que bajarle a menos de 1000 Hz, y aquí está a 1.500. En cuanto a (u) el F2 hay que rebajarle unos 300 H.

Pues bien, observado el perfil de cada uno de sus sonidos vocálicos y visto que prácticamente coinciden en sus referencias de formantes los sonidos (i), (e), nos hemos propuesto su rehabilitación.

El lector debe saber que existe otra forma de ver digitalmente los formantes; antes los hemos visto como bandas horizontales en el espectrograma ahora los vamos ver como montañas o picos de montañas en su sucesividad de izquierda a derecha (imágenes en espectro L.P.C.); es decir, el primer pico que aparece corresponde al primer formante (F1), el segundo al segundo (F2) y así sucesivamente.

Este hecho de ver y analizar una misma característica del habla con dos visiones distintas no es nuevo, ni mucho menos. La novedad está en el programa Sona-Match (S.N.M.), que divide la pantalla del monitor en dos ventanas horizontales. Así, mientras en la primera, ventana A, una voz femenina adulta y de habla normal emite el sonido (i), cuyas características formánticas quedan fijadas en unos parámetros determinados, debajo, en la ventana B, otra voz femenina, en este caso de la persona sorda, intenta reproducir los formantes a imagen y semejanza de lo ocurrido en la ventana A. El resultado del intento aparece fallido en el caso que aquí vemos, pues la informante sorda en realidad ha articulado el sonido (e). A todo esto la persona sorda puede realizar múltiples intentos, puesto que las sombras tipo montaña de la pantalla, están en continuo movimiento y solo quedan fijas al hacer clip con el ratón (Imagen 13).

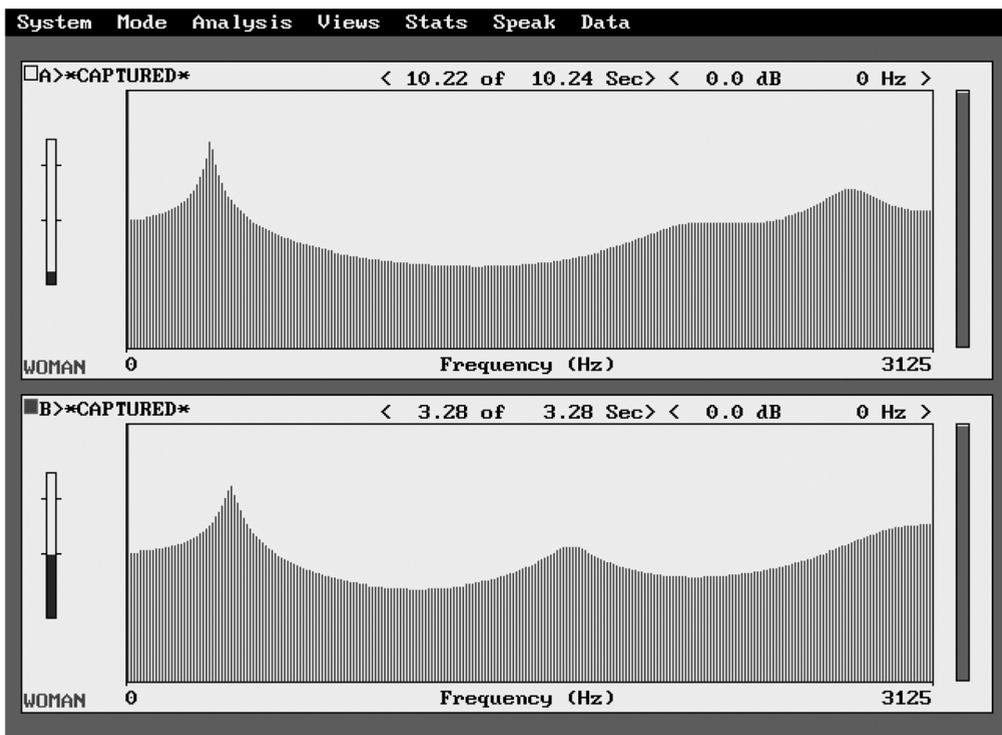


Imagen 13. Uno de los varios ejemplos que el programa Sona-Match ofrece para la construcción de los sonidos del habla en las personas sordas. Tomando como modelo la imagen de la ventana A, emitida por una persona adulta, de habla normal, se observa que corresponde al fon-

ma /i/, cuyo primer formante (primer pico de la izquierda) está a 355 Hz, mientras el segundo formante está a 2.200 Hz. Mientras la informante sorda trata de imitar en la ventana B, la producción de formantes de la misma vocal. Obsérvese cómo lo consigue en cuanto al primer formante, pero no en cuanto al segundo. Véase también en la barra vertical de la izquierda de ambas ventanas, cómo la persona de habla normal consume muy poca energía (zona negra de la barrita), mientras la persona sorda consume seis veces más de energía.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARCHIBALD, J. (1995): «The acquisition of Stress», en ARCHIBALD, J. (ed.) *Phonological acquisition and Phonological Theory*. Hillsdale, N. J., Lawrence Erlbaum.
- BENOÎT, J. y G. A. TOLEDO (1993): «Las transiciones y la percepción del punto de articulación en las oclusivas sordas: un estudio sobre el francés», en *Estudios de Fonética Experimental*, V. Barcelona, PPU.
- CANTERO SERENA, F. J. (1995): *Estructura de los modelos entonativos: interpretación fonológica del acento y la entonación en castellano*. (Tesis doctoral). Universitat de Barcelona, P.P.U. (Microforma 1997).
- (2002): *Teoría y análisis de la entonación*: Barcelona, Edicions Universitat de Barcelona.
- CAPLAN, D. (1987): *Neurolinguistics and linguistic aphasiology*. Cambridge, Cam. Univ. Press. (Vers. esp. (1992) *Introducción a la Neurolingüística y a los trastornos del lenguaje*. Madrid, Visor).
- CORTÉS MORENO, M. (2000): «Sobre la adquisición de la prosodia en Lengua extranjera: Estado de la cuestión», en *Didáctica. Lengua y Literatura*. 12: 91-119.
- (2002): *Didáctica de la prosodia del español: la acentuación y la entonación*. Madrid, Edinumen.
- FIRTH, J. R. (1948): «Sound and prosodies», en *Transactions of the Philological Society*, Londres, s.e.
- FRANÇOIS, F. y ALI (1968): *Traité du Langage*. París, Gallimard. (Trad. Española. 1973 *Tratado del Lenguaje*. B. Aires, Edic. Nueva Visión).
- GARCÍA CARCEDO, P. y N. GARRIDO REYES (2003): «El Laboratorio de Fonética para el análisis de la voz en un caso de Parálisis cerebral», en *Didáctica. Lengua y Literatura*. 15, 55-76. Madrid, Universidad. Complutense. Servicio de Publicaciones.
- GUSPÍ SAIZ, M. (1993): «Estudi de la duració de les consonants en el context de final i principi de paraula en castellà i català», en *Estudios de Fonética Experimental V*. Barcelona, PPU.
- LADEFOGED, P. (1971): *Preliminaries to Linguistic Phonetics*. Chicago, Univ. of Chicago Press.
- (1975): *A Course in Phonetics*. N York, Harcourt, Brace and Jovanovich.
- (1987): «The Place of Phonetics in American Academia», en *The Phonetician*, CL, 44, 4-7.
- LLISTERRI BOIX, J. (1991): *Introducción a la Fonética: El Método experimental*. Barcelona, Anthropos
- (1998): «Corpus orales para la Fonética y las tecnologías del habla», en *Fundación Duques de Soria, Seminario de Industrias de la Lengua*. Julio de 1998.
- <http://liceu.uab.es/~joaquin/publicacions/FDS97.html>
- MATTINGLY, I. G. (1989 a): «La creación de la escritura y el aprender a leer», en *V Simposio sobre La Lectura*. Salamanca, Univ. Pontif. de Salamanca. (Opúsculo programa del Simposio).
- (1989 b): «La creación de la escritura y el aprender a leer», en *Actas del V Simposio sobre la Lectura*. Salamanca, Univ. Pontificia de Salamanca.

- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1991): *Fonética experimental: Teoría y práctica*. Madrid, Síntesis.
- (1993): «La percepción categorial de /b/, /p/ en español basada en las diferencias de duración», en *Estudios de Fonética Experimental V*. Barcelona, PPU.
- (1996): *El sonido en la comunicación humana. Introducción a la fonética*. Barcelona, Octaedro. (2ª edición 2003. corregida y aumentada).
- (1998, a): *Análisis espectrográfico de los sonidos del habla*. Barcelona, Ariel Practicum.
- (1998, b): *Lingüística: teoría y aplicaciones*. Barcelona, Masson.
- (2003, a): *El sonido en la comunicación humana*. Barcelona, Octaedro. 2ª. Edición.
- (2003, b): Reseña crítica de: CANTERO SERENA, F. J. «Teoría y análisis de la entonación», en *Estudios de Fonética Experimental XII*. Barcelona, Publicacions de la Univ. de Barcelona.
- (2005): *Jornada científica sobre Fonética Experimental y Patología del Habla*. Univ. Complutense, Fac. de Educación. Sin publicar.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1918): *Manual de pronunciación española*. Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas.
- (1944): *Manual de entonación española*. Madrid, Guadarrama.
- PLANAS y MORALES, S. (1993): «Evaluación del habla de pacientes con parálisis cerebral infantil mediante técnicas de análisis acústico», en *Estudios de Fonética Experimental IX*. 136-181. Barcelona, Universitat de Barcelona. Promociones y Publicaciones Universitarias.
- WATERSON, N. (1970): «Some speech forms of an English child a phonological study», en *Transactions of the Philological Society*. Londres, s.e.