

Iniciación a la Fonética acústica *

MAITENA ETXEBARRIA
(UVP/EHU)

ABSTRACT

The goal of this paper is to show the present growing and flourishing of Acoustic Phonetics thanks to the perfecting of electroacoustics and its tools (Sonograph, Synthetizer, etc.). It starts with some general observations about communication, the ear and the sound, as well as the type of material that the modern use of electroacoustic methods makes available. The main part of the paper describes and characterizes some vocalic and consonantic phonemes of both Basque and Castilian Spanish acoustically by means of many data and illustrations.

0. Presentación

La Fonética es el estudio de los sonidos del lenguaje. Es por lo tanto una rama de la Lingüística pero una rama que, a diferencia de otras, se interesa únicamente por el lenguaje articulado y no por otras formas de comunicación organizadas (—lengua escrita, signos de los sordomudos, señales marinas, etc.). La Fonética, en consecuencia se ocupa de la *expresión* lingüística y no del *contenido*.

Todo contacto lingüístico entre los hombres presupone la existencia previa de un *sistema* compuesto de un número limitado de elementos diferenciados, los unos de los otros, por determinados caracteres muy precisos. Las diferencias constantes entre las unidades son una condición necesaria para que tal sistema pueda funcionar como medio de comunicación. Las unidades utilizadas como signos en la lengua hablada son sonidos y agrupaciones de sonidos, que deben en consecuencia estar diferenciadas de tal forma que el oído humano pueda, sin equivocarse, identificar e interpretar las diferencias y que nuestro aparato fonador pueda asimismo producirlos de manera reconocible. Para saber hablar, el hombre debe aprender inicialmente a oír ciertos sonidos frente a otros.

Todo acto de habla supone la presencia de, por lo menos, dos per-

(*) Texto correspondiente a dos conferencias pronunciadas en el ciclo «Euskal Filología» de los Cursos de Verano de la UPV/EHU en San Sebastián en julio de 1987.

sonas: una que habla y otra que escucha. La primera produce sonidos, la segunda los oye y los interpreta. En este sentido, puede decirse que la fonética se ocupa de un doble aspecto: 1) *Un aspecto acústico* que estudia la estructura física de los sonidos utilizados y la forma en la que el oído humano registra y percibe estos sonidos; 2) *Un aspecto articulatorio o fisiológico* que se ocupa de nuestro aparato fonador y del modo en el que producimos los sonidos del lenguaje. La producción de los sonidos así como su interpretación suponen la intervención de una cierta actividad física. Sin inteligencia, ningún lenguaje digno de este nombre se ha producido. En consecuencia, la Fonética debe ocuparse de aquellos procesos psíquicos necesarios para el aprendizaje de un sistema fonético y de un lenguaje organizado. Lo que hace que la Fonética sea una ciencia autónoma, a pesar de esta diversidad de puntos de vista a partir de los cuales puede ser abordada, es su carácter enteramente lingüístico. El resto de los fenómenos acústicos (sonidos musicales, ruidos de la naturaleza, etc.), lo mismo que aquellos procesos fisiológicos desprovistos de función lingüística como la respiración normal, la masticación, los bostezos, etc., no forman parte de su dominio. En suma, puede definirse la Fonética como «la ciencia de los cuerpos lingüísticos o del aspecto expresivo del lenguaje que, basándose en la anatomía, la fisiología, la física y la matemática, estudia las realizaciones concretas del lenguaje respecto a sus normas y rasgos relevantes comunicativamente. (...). Dirige su atención a la voz, la formación del sonido, las propiedades físico-acústicas de los sonidos o del continuum sonoro con sus aspectos suprasegmentales, así como a la audición y la comprensión»¹.

1. El proceso de comunicación

En todo acto de habla, una idea se organiza según las reglas de una determinada lengua, así el mensaje articulado por el emisor, «viaja» en el espacio —a través del aire— y es recibido por el receptor que lo descodifica según las reglas de esa misma lengua. Este trayecto del mensaje, constituye lo que podemos llamar el «circuito del habla» en el interior del cual podemos distinguir cinco fases: CODIFICACION, EMISION, TRANSMISION, RECEPCION y DESCODIFICACION. La primera y la última fase son estudiadas por la lingüística y la psicología, mientras que, las tres fases centrales son el objeto de la fonética. Según que se considere la emisión, la transmisión o la recepción de los elementos sonoros de una lengua, la fonética será ARTICULATORIA (o fisiológica), ACUSTICA o AUDITIVA. El proceso de comunicación lingüística, aunque complicado, puede ser reducido, simplificándolo mucho al siguiente esquema:

(1) Lewandowsky, Th., *Diccionario de Lingüística*, Madrid, Cátedra, 1982, p. 136.

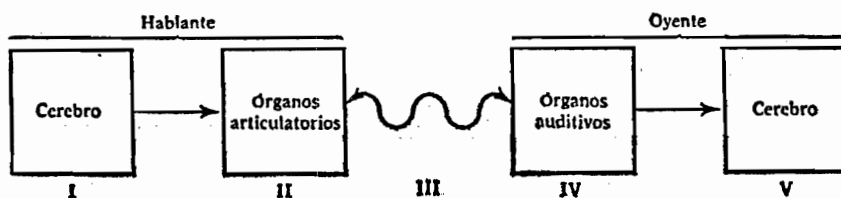


Fig. 1. Esquema de la comunicación humana²

Tal como puede observarse, en la figura 1., las fases I y II, corresponderían al emisor y las IV y V, al receptor. Entre estas fases está la III que es la que sirve de unión, o de vehículo de comunicación. Estas fases pueden ser analizadas del siguiente modo:

a) *Dos fases psíquicas*: la I y la V. «El punto de partida del acto de habla es un hecho eminentemente psíquico, que crea impulsos de orden neurofisiológico, los cuales se transmiten a los órganos de fonación; esto constituye la fase I. La fase V es la de conversión de ciertos impulsos de orden material, físico, como ya veremos en un aspecto neurofisiológico, y a su vez, su traducción nuevamente en un fenómeno psíquico que conlleva la comprensión del mensaje percibido»³.

b) *Dos fases fisiológicas*: la II y la IV. «La fase II comprende todos los órganos de la fonación y es la sede de la producción del sonido articulado. Esta es la fase que más adelante llamaremos «productora», fase sin la cual no puede existir comunicación exterior. Esta fase es, además, por las razones que hemos dado arriba, la mejor conocida, y su estudio, desde el punto de vista lingüístico, lo realiza la fonética articulatoria. La fase IV es la auditiva, es la perceptora de la onda acústica en toda su complejidad, considerada no de un modo analítico, sino sintético»⁴.

c) *Una fase acústica*: la III. Esta fase está constituida por las distintas ondas acústicas complejas que conforman cada uno de los sonidos.

Para los lingüistas, y los teóricos de la comunicación, la comunicación es definida como la transmisión de un punto a otro de una determinada información. Ahora bien, existen toda una serie de elementos que intervienen en este proceso de transmisión de información; éstos integran el *sistema de comunicación*, constituido por los siguientes componentes:

1. Un *emisor* (fuente de información), en nuestro caso, el hombre; la fuente de información necesita seleccionar los distintos signos que, en realidad, conforman una serie de posibilidades que podemos

(2) Quilis, A., *Fonética Acústica*, Madrid, Gredos, 1981, p. 22.

(3) Vid. *Op. Cit.*, p. 23.

(4) Vid. *Op. Cit.*, p. 23.

denominar, de un modo general *alfabeto* (letras, números, palabras impresas, alfabeto Morse, etc.).

Esta selección, por medio de determinadas reglas, de signos convenidos previamente con el objeto de transmitir comunicación, es lo que constituye el *mensaje*.

2. Un punto donde se recibe el mensaje, es decir, un *destino*. En nuestro caso y al tratarse de comunicación humana, el *destinatario* tiene que ser también necesariamente el hombre.

3. La fuente de información y el destino están unidos en el espacio o en el tiempo por medio de un *canal* de transmisión, que es el medio material usado para la viabilidad de la información.

4. Entre la fuente y el canal se encuentra el *transmisor*, cuya tarea es la de hacer pasar la información de la primera al segundo. El proceso que efectúa el transmisor se denomina *codificación*, tal como hemos señalado antes, y consiste en la conversión del mensaje estructurado en un *código*. El *código* es un conjunto de reglas previamente convenidas, por medio de las cuales los mensajes se transforman y convierten de una representación en otra. Este código está compuesto por una serie de señales: sonidos, en el código del lenguaje hablado; signos gráficos, en el código del lenguaje escrito, etc. En este sentido es en el que se afirma que toda lengua es un código.

5. Un *receptor*, entre el *canal* y el punto denominado *destino*, que realiza una nueva transformación: la *descodificación* del lenguaje:

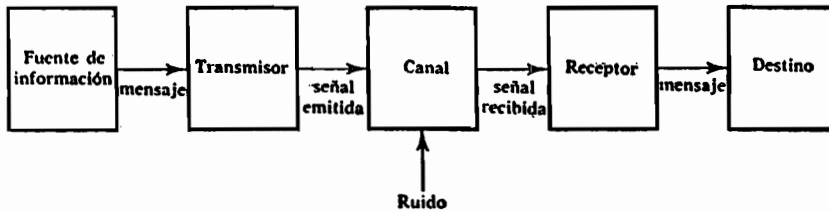


Fig. 2. Esquema de la comunicación⁵

En el caso de la comunicación oral, el transmisor es el aparato fonador del hombre que tiene por misión transformar, al emitir los sonidos, la información en ondas sonoras; en la comunicación escrita sería el acto de escribir. El receptor, en la comunicación oral, es el oído, que transforma las ondas sonoras en actividad nerviosa, en su punto de destino; en el caso de la comunicación escrita serían los ojos del lector. El canal en la comunicación oral es el aire, portador de las ondas acústicas; en la comunicación escrita, el lugar donde hemos escrito.

(5) Vid. *Op. Cit.*, p. 25. Puede verse en este mismo sentido el esquema de las fases principales de un proceso de comunicación en Malmberg, B., *Lingüística estructural y comunicación humana. Introducción al mecanismo del lenguaje*. Versión española de E. Rodón. Madrid, Gredos, 1969, pp. 52-53.

Tal como señala el profesor Antonio Quilis, en el caso de la comunicación hablada el proceso sería: «en el cerebro del sujeto emisor se produce la codificación: los fenómenos extralingüísticos se estructuran lingüísticamente de acuerdo con el código de la lengua empleada; esta codificación se traduce en una secuencia de fonemas diferentes, que son transferidos en forma de impulsos nerviosos a los órganos fonadores, los que, a su vez, originan una onda acústica. Esta onda llega al oído del sujeto receptor en forma de estímulos acústicos que se transmiten al cerebro; en él tiene lugar la descodificación del mensaje, que precede a la interpretación del mismo»⁶.

En todo sistema de comunicación, conviene tener en cuenta que siempre aparecen elementos que deforman o producen una pérdida de información. Estos errores pueden producirse o afectar al proceso de codificación o descodificación del mensaje o también pueden ser debidos a desconocimiento o manejo defectuoso del código o algún defecto en el propio canal. Todos estos errores que dificultan la recepción del mensaje al completo son denominados *ruidos*.

Por último, debemos señalar que el proceso de comunicación en las lenguas naturales se puede ver afectado por una serie de factores que es necesario valorar. En primer lugar, las unidades del lenguaje están jerarquizadas: las unidades del nivel inferior se combinan para formar otras unidades de nivel superior: los fonemas, en morfemas y los morfemas en lexías, etc. Ahora bien, en cada uno de estos niveles, como es sabido, las unidades tienen una cierta frecuencia de aparición, y esta frecuencia condiciona «la posibilidad combinatoria de las unidades del nivel inferior», a partir de las cuales se construyen las unidades correspondientes. En segundo lugar, hay que tener en cuenta el aspecto psicológico del comportamiento humano, que reacciona más favorablemente a determinadas series de estímulos que a otras»⁷.

2. Fonética acústica y Fonética auditiva

Ya en las *Thèses* publicadas en los *Travaux du Cercle Linguistique de Prague*, 1, 1929, se dice: «*Importancia del aspecto acústico*. El problema del finalismo de los fenómenos fonológicos hace que, en el estudio del aspecto exterior de estos fenómenos, sea el análisis acústico el que deba destacarse en el primer plano, pues es precisamente la imagen acústica y no la imagen motriz la que es enfocada por el sujeto hablante» (pág. 10).

Se ha señalado, en muchas ocasiones, que la fonética acústica existió ya desde las descripciones de sonidos articulados realizados

(6) Quilis, A., *Fonética Acústica*, Madrid, Gredos, 1981, pp. 25-26.

(7) Vid. Ungeheuer, G., «El lenguaje estudiado a la luz de la teoría de la información», en *Lingüística y Comunicación*. Buenos Aires, Ed. Nueva Visión, pp. 161-163.

por los gramáticos griegos ya que éstas se basaban sobre todo en la impresión auditiva que les causaba la percepción. Ahora bien, nosotros creemos que es necesario establecer una distinción, necesaria e imprescindible, entre fonética acústica y fonética auditiva: la fonética acústica «deberá ocuparse de estudiar los componentes que conforman la onda sonora compleja de los sonidos articulados, y de buscar cuál o cuáles de ellos son imprescindibles para su reconocimiento»⁸. Por su parte, la fonética auditiva se interesará por el análisis perceptivo de mensajes lingüísticos a través del receptor en el marco de la comunicación, puesto que el oyente no sólo percibe impresiones auditivas, sino que también las reconoce: en este sentido, la recepción sensitiva se encuentra dominada por la «necesidad de ordenamiento». En suma, la fonética auditiva analizará la percepción del sonido con toda la problemática que esto lleva consigo. Establecida esta diferenciación resulta más fácil comprender que las clasificaciones llevadas a cabo en la antigua Grecia y transmitidas al mundo occidental, a través de las gramáticas latinas, fueran clasificaciones auditivas y no acústicas.

3. Fonética acústica y Fonética articulatoria

La fonética articulatoria investiga y describe la formación de sonidos. Aunque toda formación es un movimiento continuo, se pueden describir los sonidos de un modo relativamente exacto por su punto de articulación, su órgano de articulación y su modo de articulación. Además, la fonética articulatoria ha sido la única utilizada durante mucho tiempo, y es la que aún hoy día se utiliza en las descripciones de lenguas, sobre todo con carácter pedagógico. En este sentido, puede decirse que a la fonética acústica todavía le falta tiempo para alcanzar el grado de generalización de la articulatoria.

Al existir dos aspectos de la misma disciplina, si prescindimos del auditivo, se plantea la cuestión de saber cuál de ellos es el más adecuado para la descripción de los sonidos del lenguaje y para el establecimiento de los rasgos distintivos de los fonemas.

Evidentemente, la aceptación de uno no conlleva la negación del otro: los dos se complementan; o tal como indica Antonio Quilis, si comparamos algunos aspectos de ambas, podemos observar:

1. «Las dos fonéticas están, en definitiva, involucradas en un fenómeno más amplio que es el proceso de comunicación. En él lo que importa es la identificación de los fonemas por parte del oyente. Si nos fijamos en la figura 1 la realización acústica es la más próxima al receptor del mensaje, es la que llega a sus órganos auditivos y se dirige directamente, bajo otra forma, al cerebro»⁹.

(8) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, pp. 18-19.

(9) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, pp. 19-20.

Ahora bien, aunque parece claro que en la comunicación el aspecto acústico parece ser el más relevante, no es menos claro que los hábitos articulatorios desempeñan un importante papel en la identificación lingüística de la onda acústica percibida¹⁰.

2. «Para la fonética articulatoria tradicional, cada posición de los órganos articulatorios daba origen a un sonido determinado, y la más leve modificación de ese estado originaba uno nuevo. De ahí el concepto de «*punto de articulación*», vital en la época. Pero la aparición de la acústica, y la aparición, en el propio campo de la fonética articulatoria, de los filmes radiológicos, han puesto de relieve la inexactitud de esos criterios»¹¹.

Así, hoy sabemos que la cuestión del reconocimiento de dos posiciones articulatorias diferentes como un mismo fonema y el que den como resultado un mismo espectro acústico, se debe al fenómeno de compensación, que nos permite realizar la misma imagen acústica de diferentes maneras¹². Por este hecho, una de las funciones de la fonética articulatoria actual será la determinación de la forma y volumen de los resonadores que se forman en la cavidad bucal, en la realización de las diferentes articulaciones.

3. «Los datos proporcionados por los análisis acústicos son más objetivos, más fáciles de manejar y menos numerosos que los articulatorios. El dato acústico se refleja en el formante del espectro del sonido, mientras que para el dato articulatorio es necesario un número muy elevado de mediciones —teóricamente infinito— que reflejan las distintas distancias entre los órganos articulatorios, órganos, que, por otra parte, adoptan curvas muy complejas»¹³.

Por todo ello, parece que podemos concluir que los datos que nos proporciona el análisis acústico son más objetivos, adecuados y en todo caso más constantes que los de la fonética articulatoria para la descripción fonética y para la comunicación humana, sin que por ello queramos decir que esta última sea menos interesante ni menos importante que aquella¹⁴.

4. Fonética acústica

4.1. Acústica del Sonido

Entre la producción del sonido por el aparato fonador y su percepción por los órganos auditivos hay un espacio que es el de su trans-

(10) Vid. Liberman, A. M., «Some results of research on speech perception», *J.A.S.A.*, 29, 1957, pp. 117-123.

(11) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 20.

(12) Malmberg, B., *Phonétique Générale et Romane*, The Hague, Mouton, 1971, pp. 67-108.

(13) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 22.

(14) A. Quilis, *Op. Cit.*, pp. 18-23. Vid. también Hála, B., «L'importance de la phonétique acoustique, son état actual et ses tâches», *Tr. Li. Li.*, V, 1967, pp. 161-167.

misión a partir de un medio portador, en nuestro caso, el aire. El sonido consiste en un conjunto de vibraciones. Estas vibraciones producen ondas sonoras que se propagan en un medio elástico, como el aire, por ejemplo. Estas ondas se desplazan por «compresión» y «rarefacción» de las moléculas de aire. Para comprender mejor la propagación del sonido podemos imaginar un diapasón que vibra: cada movimiento de las puntas del diapasón hacia el exterior corresponde a un empuje o presión sobre la masa de aire ambiente (compresión) mientras que la «vuelta» rápida de esta compresión por el movimiento hacia el interior provoca la rarefacción. El desplazamiento de las ondas sonoras en el aire (la atmósfera) se propaga a una velocidad de 30 m./s. (metros por segundo).

El sonido puede ser definido como la descodificación que efectúa nuestro cerebro de las vibraciones percibidas a través de los órganos de audición. Estas vibraciones se transmiten en forma de ondas sonoras. Las ondas sonoras, se originan, como hemos dicho, por la creación de un movimiento vibratorio de un cuerpo. Veamos la representación de la figura de un diapasón en movimiento:

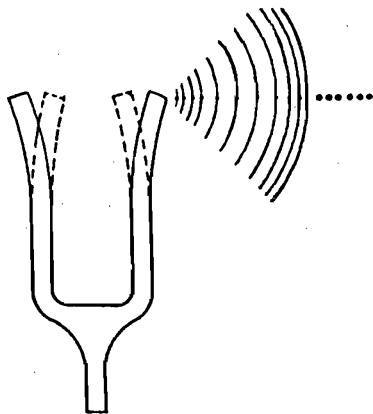


Fig. 3. Representación esquemática de un diapasón en vibración ¹⁵

«De este modo se transmite el movimiento a través del aire. Cada una de estas partículas se mueve hacia adelante y hacia atrás, longitudinalmente, mientras que las ondas de compresión se mueven, hacia adelante progresivamente. De este modo el oído del oyente experimenta momentos sucesivos de alta y baja presión, que afectan al tímpano, resultando de ello la sensación de sonido» ¹⁶.

(15) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 40.

(16) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 40.

Suele representarse el desplazamiento del sonido en el aire con la ayuda de una curva parecida a la de la siguiente Figura:

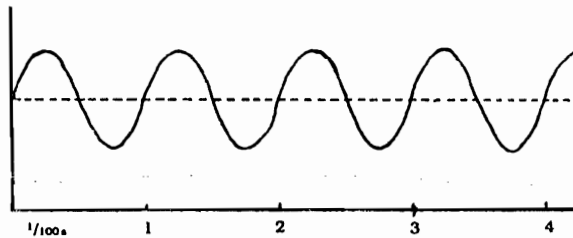


Fig. 4. Curva de una onda de 100 Hz¹⁷

Esta curva se llama «trazado de onda». Si volvemos a tomar el diapasón anterior y atamos una aguja con tinta a uno de sus puntos, colocando la aguja contra un cilindro que da vueltas a una velocidad constante, mientras vibra el diapasón, queda marcado en el papel, que rodea al cilindro, un trazado de onda.

Sabiendo la velocidad de rotación del cilindro, nos es posible calcular el número de *CICLOS* recorridos en un tiempo dado. El ciclo se define como el trayecto recorrido por la aguja en una ida y vuelta completas antes de regresar al punto de partida y recomenzar un nuevo camino. El número de ciclos que realiza esta aguja, o el movimiento de un péndulo «en una determinada unidad de tiempo se llama frecuencia, como unidad de tiempo se toma el segundo, pero ello no quiere decir que las vibraciones tengan que durar necesariamente un segundo: pueden tener un tiempo mayor o menor. Lo que quiere indicar la referencia convencional al segundo es que, en este tiempo, el cuerpo hubiese realizado un número determinado de vibraciones»¹⁸. Es decir, la relación entre el número de ciclos y el tiempo transcurrido es la *Frecuencia* de la onda. En este sentido, la frecuencia se suele representar del siguiente modo: 1000 cps (ciclos por segundo) ó 1000 Hz (Hertzios) ó 1 KHz (kilohertzio, múltiplo del hertzio). Así por ejemplo, la curva señalada en la Fig. 4, tiene una frecuencia de 100 Hz ó de 100 cps ya que la onda se repite 100 veces en un segundo.

Recibe el nombre de *amplitud* la distancia recorrida desde la posición de reposo hasta el punto máximo de alejamiento (o de máxima presión) alcanzada por la bola del péndulo o por la partícula de aire en vibración. «La amplitud es una medida de fuerza de la onda. Su valor dependerá de la potencia con que el péndulo en su caso, haya sido separado de su posición de reposo, o de la potencia de la presión de

(17) Germain, C. y Leblanc, R., «La phonétique» in *Introduction à la linguistique générale*, Montréal, Les Presses de l'Université de Montréal, 1981, p. 24.

(18) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 41.

la onda sobre la partícula de aire: cuanto mayor sea esta potencia, mayor será la amplitud»¹⁹. Al propagarse este movimiento oscilatorio, tal como podemos ver en la figura 4, se origina una onda que llamamos sinusoidal. Si la energía del golpe al que sometemos al diapasón, para hacerlo vibrar, es más violento, se podrá constatar que la distancia entre la línea cero (la del diapasón en reposo) y la silueta de la onda aumenta. Es en este caso, en el que se dice que la amplitud de la onda aumenta. Un aumento de la amplitud de la onda corresponde siempre a un crecimiento de la *intensidad* del sonido. En el ejemplo de la figura 3, el diapasón, «cuando vibra transmite determinada cantidad de energía a las partículas de aire que están a su alrededor, y éstas, a su vez, transmiten energía a otras y así sucesivamente. Como es lógico, la energía capaz de mover las partículas de aire es tanto menor cuanto más alejadas se encuentren del diapasón. Lo que nos interesa es la energía que llega en un momento dado a un punto, es decir, la potencia acústica que se transmite a través de una superficie, y que denominamos *intensidad*»²⁰. Se mide en watios por cm^2 . Por ejemplo, un sonido que tenga una intensidad de 10^{-16} watios/ cm^2 es suficiente para producir un sonido audible.

Ahora bien, también se pueden medir las intensidades sonoras sin relación a una unidad fija, utilizando otra unidad, que expresa una razón de intensidades, llamada *bel*. Generalmente para medir la intensidad se utiliza la unidad *decibelio* (dB) que expresa una relación de intensidad. El decibelio no es una unidad de medida fija sino relativa. Permite establecer la intensidad de un sonido por relación a otro sonido que se toma como referencia. Así, para un sonido de base 1 y de intensidad 0 dB, un sonido cien veces más intenso medirá 20 dB, un sonido mil veces más intenso medirá 30 dB, etc. y así sucesivamente. En otras palabras, 10 dB son el equivalente a la razón de 10: 1 en intensidad, 20 dB son el equivalente a la razón de 100: 1, etc.

Hasta aquí, hemos examinado la creación y formación de las llamadas ondas sinusoidales o periódicas simples. Pero el movimiento ondulatorio simple, es una concepción teórica de difícil realización práctica. El sonido lingüístico que llega hasta nuestros oídos es siempre una *onda compuesta*, es decir, una onda que es el resultado de la adición de un número determinado de ondas simples. Una *onda compuesta* puede ser descompuesta en una serie de ondas sinusoidales. En efecto, la suma de amplitudes de diversas ondas simples equivale en todo momento a la amplitud de la onda compleja. Así, en la Fig. 5, $d = a + b + c$. Las distancias por debajo de la línea de reposo tienen un valor negativo:

(19) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 42.

(20) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 46.

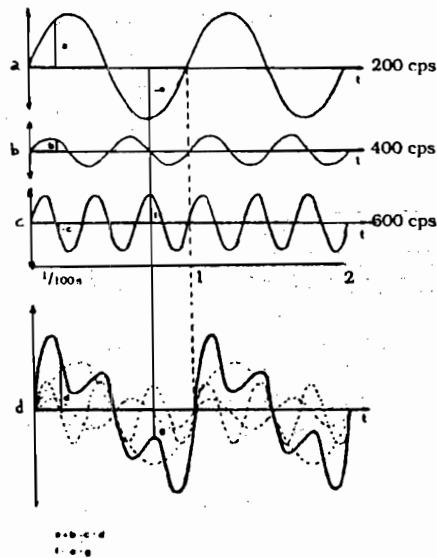


Fig. 5. 21

Este método de análisis por el que una onda compuesta se considera como la combinación de un cierto número de ondas simples o tonos puros se conoce con el nombre de *análisis de Fourier* «matemático francés, que en 1822 demostró que toda onda que repite periódicamente su perfil se puede descomponer en un número limitado de sinusoides que tengan su amplitud, su frecuencia y su fase diferentes. La frecuencia de cada una de estas ondas sinusoidales integrantes es múltiplo de la frecuencia fundamental (la más baja), y la onda compleja resultante tendrá su mismo período. Por ello se denomina *onda compuesta periódica*»²². En el caso analizado en la fig. 5, la primera onda sinusoidal de 200 cps es el *primer armónico* o *frecuencia fundamental*; la de 400 cps, el *segundo armónico*, y la de 600 cps, el *tercer armónico*. El segundo y tercer armónicos son el doble y el triple del fundamental, porque en el tiempo que dura un período del fundamental, el segundo armónico tiene dos períodos, y el tercero, tres. Veámoslo con un ejemplo: si se hace vibrar la cuerda de un violón, la cuerda entera vibra a una frecuencia determinada. Ahora bien, la mitad de la cuerda vibra a una frecuencia dos veces más elevada que la frecuencia de la cuerda entera y la tercera parte de la cuerda vibra a una frecuencia tres veces más elevada que la cuerda entera y así sucesivamente. (Véase la Fig. 6). La frecuencia de la cuerda entera constituye la frecuencia fundamental, (F_0). Las frecuencias superiores son los armónicos, que son siempre múltiplos enteros de la frecuencia fun-

(21) Vid. Germain, C. y Le Blanc, R., *Op. Cit.*, p. 26.(22) Vid. A. Quillis, *Op. Cit.*, pp. 48-49.

damental. Así, si F_0 es de 200 Hz, el primer armónico será de 400 Hz y el segundo de 600 Hz y así sucesivamente. El conjunto de frecuencias puede ser representado bajo la forma de un *espectro* donde se encuentran indicadas las amplitudes relativas de cada frecuencia constitutiva del sonido.

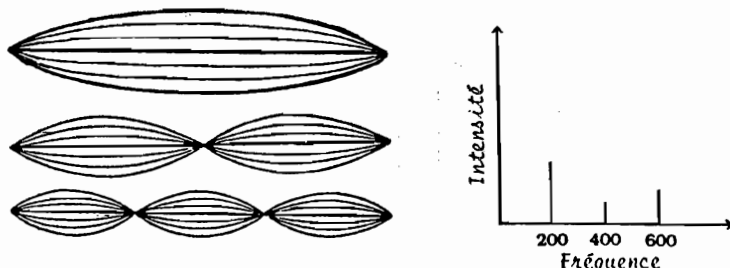


Fig. 6. Modo de vibración de una cuerda
Fig. 7. Espectro de la onda de la Fig. 5²³

La impresión auditiva que percibimos de la frecuencia fundamental es lo que se denomina *tonía*, *tono*, o *altura tonal*. «Desde el punto de vista lingüístico, la función contrastiva de la frecuencia fundamental a nivel de palabra también se denomina *tono*, y las lenguas que poseen esta función, lenguas tonales; la función de la frecuencia fundamental a nivel de oración es la entonación. El número, audibilidad y conformación de los armónicos da como resultado el *timbre* de un sonido. Cuando los armónicos de mayor amplitud son los más bajos, el timbre es *grave*; mientras que si son los superiores los que tienen una amplitud mayor, o hay concentración de armónicos de amplitud considerable en las frecuencias superiores, el timbre es *agudo*»²⁴.

Volviendo a retomar nuestro diapasón, haciéndolo vibrar y colocándolo sobre una mesa, la mesa se pondrá a vibrar también aunque en grado menor. Estas nuevas vibraciones provocarán a su vez un efecto de amplificación sobre las del diapasón y harán que el sonido sea mucho más perceptible. La superficie de la mesa juega en este momento al provocar dicho efecto, el papel de *resonador*. Todo resonador posee una frecuencia natural de resonancia, pero ésta puede variar. Así, si un diapasón en vibración se aproxima a un segundo diapasón, éste entrará en vibración primero débilmente, después cada vez más rápidamente, pero solamente ocurrirá este fenómeno si su frecuencia natural en ciclos por segundo es prácticamente idéntica a la del primero; de otra forma no ocurrirá nada de esto. Sin embargo, la superficie de la mesa, o incluso la caja del violón, por ejemplo, pueden

(23) Vid. Germain, C. y Le Blanc, R., *Op. Cit.*, p. 27. Vid. también Malmberg, B., *La Phonétique*, Paris, Presses Universitaires de France, 1979, p. 11, 12.ª edición.

(24) Vid. A. Quilis, *Op. Cit.*, p. 58.

vibrar instantáneamente con un gran número de frecuencias diferentes. «Las ondas que llegan a un resonador y lo ponen en movimiento constituyen la *entrada* del resonador. La respuesta del resonador a estas ondas se denomina salida. (...). La extensión de la frecuencia efectiva de un resonador se denomina *ancho de banda*. Se calcula convencionalmente considerando sus límites entre aquellos armónicos cuya amplitud a la salida es el 70,7 % de la amplitud de la salida de la frecuencia resonante (...). En resumen, la principal misión de un resonador es reforzar las frecuencias de una onda compleja que llega a él»²⁴.

Un resonador cuya misión sea seleccionar determinadas frecuencias de una onda compleja se denomina *filtro* acústico. Todas sus propiedades (*ancho de banda* y curva de respuesta) son las mismas que hemos visto en un resonador.

Sobre el plano acústico, cada sonido se diferencia de otro por las zonas de frecuencia que se ven reforzadas por el efecto del resonador y que le son particulares. Estas zonas de frecuencia reforzadas son llamadas *los formantes* del sonido. Puede decirse que los formantes son aquellas zonas reforzadas de las frecuencias que caracterizan el timbre de un sonido. En el caso de la producción de los sonidos del lenguaje desde el punto de vista acústico la frecuencia del formante es expresión de la vibración del resonador; ésta no tiene por qué coincidir necesariamente con un armónico del fundamental. Existe acuerdo en admitir que los sonidos vocálicos del lenguaje humano están compuestos, por lo menos, de dos formantes que son, en conjunto, responsables del timbre particular de cada tipo vocálico (i) / (u) / (a). Estos dos formantes son atribuidos en su realización a los dos principales resonadores del aparato fonador: la faringe y la boca. Puede decirse que la estructura acústica de la vocal es el resultado del modelo de vibración del tubo resonador en su conjunto. El análisis acústico de las vocales revela así mismo la existencia de otros formantes, que o bien contribuyen a poner de relieve el timbre de los tipos vocálicos (así, por ejemplo, un tercer formante en torno a 3000 Hz acusa el timbre claro de la realización (i)), o bien determinan las cualidades secundarias de las vocales²⁵.

Ya que los formantes —según la definición que hemos expuesto más arriba— tienen que contener los armónicos del tono fundamental, se puede decir que la frecuencia del formante no tiene por qué coincidir siempre con la del armónico. La frecuencia del fundamental varía en la palabra de un instante a otro y normalmente también de un período a otro.

(25) Vid. Malmberg, B., *Op. cit.* en nota 23, p. 14.

5. Métodos electroacústicos aplicados a la investigación fonética

El desarrollo de la electroacústica permitió la creación de toda una serie de aparatos de inmediata aplicación a la investigación fonética: el oscilógrafo, el mingógrafo, el espectrógrafo o sonógrafo, los sintetizadores del lenguaje, etc. En el presente trabajo nos limitaremos a describir únicamente los resultados que pueden obtenerse con el uso del sonógrafo o espectrógrafo.

«El espectrógrafo o sonógrafo tiene como misión la descomposición automática de la onda sonora compleja en cada uno de sus componentes integrantes, y suministra, de este modo, todos los datos que

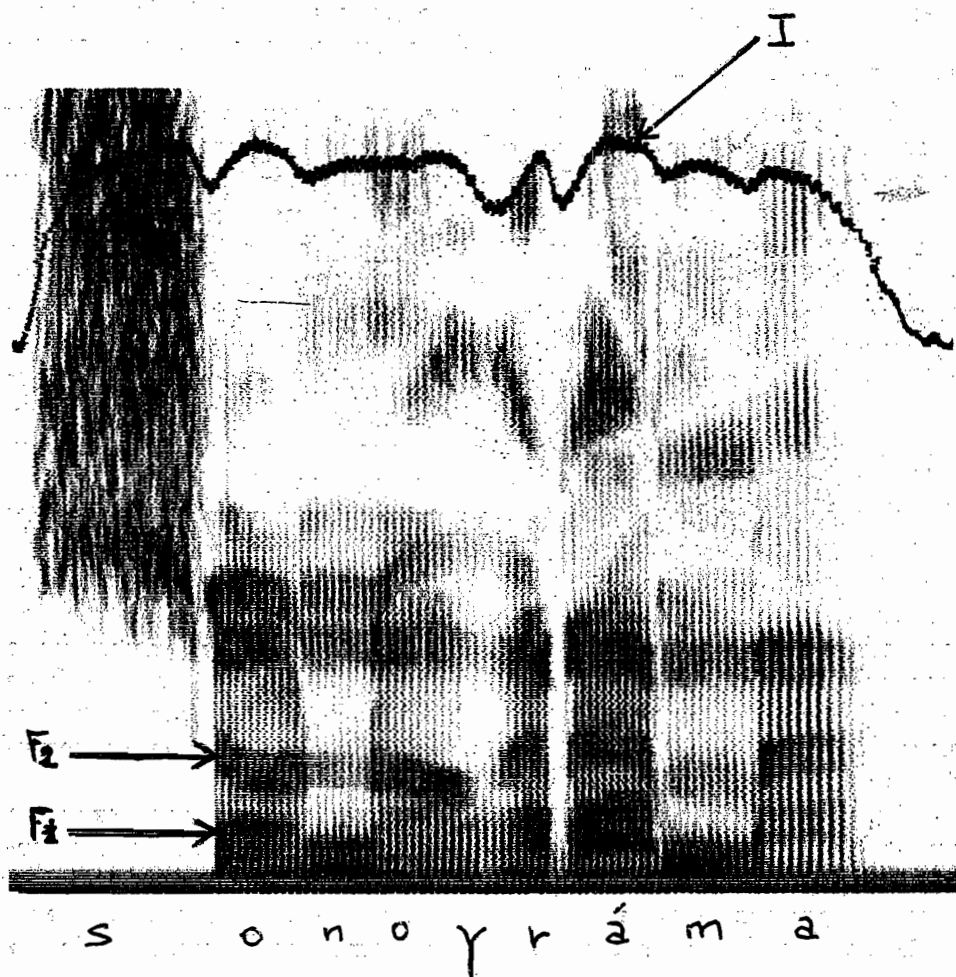


Fig. 8. Sonograma de banda ancha (filtros de 300 Hz). F1: primer formante; F2: segundo formante; I: intensidad.

nos interesa conocer»²⁶. El aparato que nosotros utilizamos, está construido por la Kay Elemetric Corporation, mod. 7800^{26 bis}.

Los sonogramas, obtenidos mediante la utilización del sonógrafo, nos suministran los parámetros necesarios para el análisis acústico de los sonidos. (Vid. Fig. 8 y 9).

1. En el eje de las abscisas viene dada la *cantidad del estímulo*. El tiempo total que puede abarcar un sonograma es de 2,4 segundos.

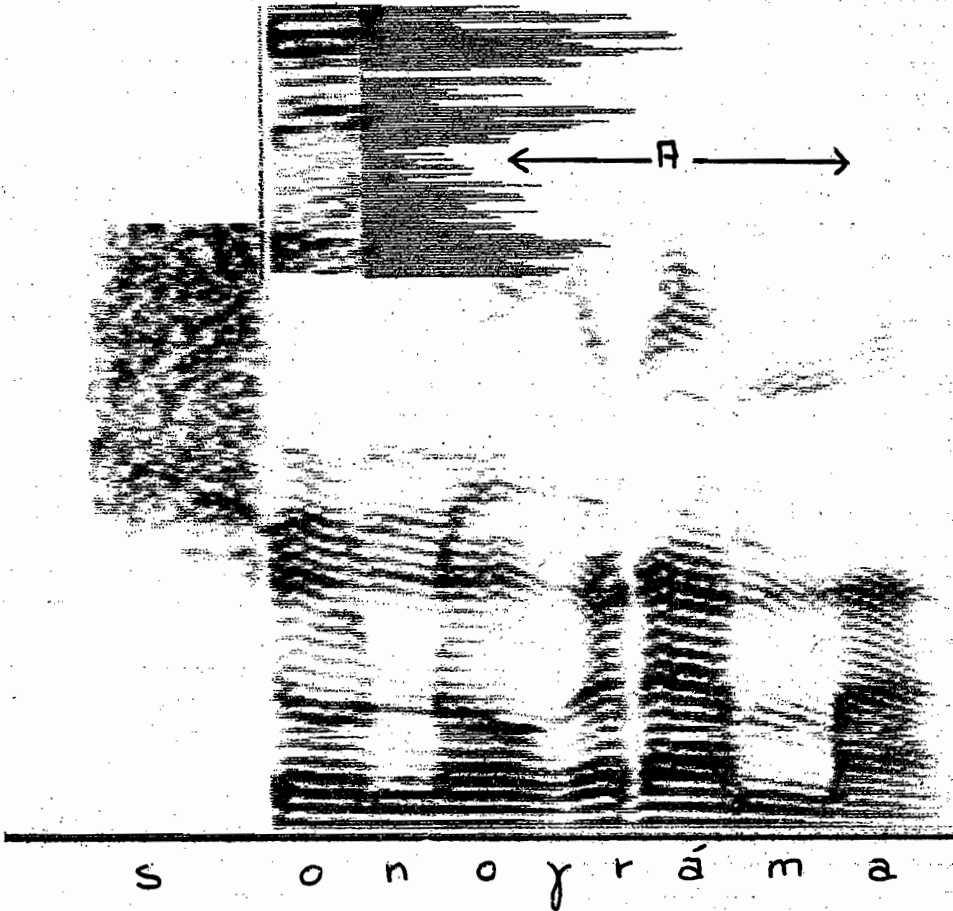


Fig. 9. Sonograma de banda estrecha (filtros de 45 HZ). A: amplitudes²⁷

(26) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 84. Conviene ver en este sentido y para la descripción del funcionamiento del sonógrafo los datos aportados por A. Quilis, en la obra citada, pp. 84 a 89.

(26 bis) Los sonogramas que aquí se ofrecen han sido realizados en el laboratorio de Fonetica de la Universidad de Deusto.

(27) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, pp. 90-91.

Como la cantidad de cada sonido no llega a un segundo, se utiliza normalmente la centésima de segundo (c/s) o la milésima de segundo (m/s). Sobre este eje de tiempos se puede realizar la delimitación de cada segmento.

2. En el eje de ordenadas se representan las *frecuencias* en KHz, en las figuras mencionadas, desde 0 KHz hasta 8 KHz.

3. El grado de negror indica la *intensidad* de los componentes, aunque hay, como veremos, otros procedimientos para analizarla.

Además de estos tres parámetros, el sonograma nos proporciona.

4. *La estructura formántica* de los componentes, cuyo correlato subjetivo es el timbre. Para ello, se utiliza el filtro de banda ancha (300 Hz). Con este procedimiento se ponen de relieve los *formantes* que, tal como se ha indicado anteriormente, son las regiones de frecuencias de mayor intensidad, es decir, el conjunto de ondas simples o armónicos, cuyas frecuencias, al coincidir con las de los resonadores bucales, han sido reforzadas. Los formantes tienen una anchura media de aproximadamente 200 Hz. Están representados por medio de unas bandas anchas, negras, situadas horizontalmente. Poseen la mayor energía de todo el espectro.

5. *La frecuencia fundamental*. Es preferible emplear en este caso el filtro de banda estrecha (45 Hz), que permite la aparición sobre el sonograma de los armónicos individuales; el primer armónico será la *frecuencia fundamental* (F_0) y los demás (segundo, tercero, cuarto, etc. *armónicos*), de la onda periódica compuesta, serán múltiplos del fundamental.

«La frecuencia fundamental, o la de cualquier armónico, se mide, como ya sabemos, en ciclos por segundo (Hz o cps), partiendo de la línea cero de frecuencias, y siguiendo, hacia arriba el eje de ordenadas. El armónico fundamental nos será de mucha utilidad en el momento de estudiar la curva melódica para obtener los patrones de entonación de cualquier lengua»²⁸.

6. *La intensidad*. La intensidad global de cada segmento se representa, siguiendo el eje de abscisas, en la parte superior del sonograma, por medio de la línea I que aparece en la figura 8. La intensidad de cada segmento se mide en decibelios a partir de la línea cero de intensidad (inmediatamente por debajo de la línea I).

La amplitud. En la parte superior del sonograma de la figura 9, están representadas las amplitudes de dos sonidos (señaladas por A.). El perfil de la amplitud es el mejor medio de representar la intensidad de un sonido en un punto dado de su extensión en el tiempo. Así, en el punto temporal que hemos señalado para cada uno de estos sonidos obtenemos la amplitud de cada armónico. La escala de frecuencias de estos perfiles de amplitudes es inversa: comienza en la parte

(28) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 93.

superior del espectro, siguiendo el eje de ordenadas; las amplitudes más altas son las de más baja frecuencia y corresponden, por lo tanto, a los primeros armónicos. Por medio de estas amplitudes, la intensidad de cada armónico es mensurable objetivamente en decibelios, en dirección al eje de abscisas, y de izquierda a derecha. El resultado, consecuentemente, es más exacto que el que podríamos obtener comparando el grado de ennegrecimiento de cada armónico.

6. Las vocales

El análisis de los sonidos vocálicos es el que más interés ha suscitado en los trabajos de fonética acústica por su complejidad teórica y práctica.

La oposición vocal/consonante es una noción que aparece ya en los primeros gramáticos de Grecia y de la India, llegando su problemática hasta nuestros días.

Puede decirse ya, sin temor a errar, que el reconocimiento de una consonante a través de su percepción depende esencialmente de la presencia de un cambio de frecuencias en sus elementos acústicos constitutivos, mientras que el de una vocal depende de la estabilidad en la frecuencia²⁹. Por lo tanto, en el contraste vocal/consonante, la percepción depende sólo de la estabilidad frecuencial, mientras que la percepción consonántica depende del cambio frecuencial.

Según W. Von Kempelen, en un trabajo de 1791, el sonido vocálico emitido por el hombre se produciría del siguiente modo: «la glotis emite un sonido, mientras el conducto nasal está cerrado; este sonido se lleva a través de la lengua, como por un canal, directamente a los labios; la mayor o menor abertura de la boca completa la formación del sonido y le da su cualidad característica. Los sonidos que no poseen esta cualidad sólo pueden ser consonantes»³⁰. Puede decirse hoy que toda la estructura formántica de una vocal tiene su origen en toda la cavidad bucal, que actúa como un gran mecanismo de resonancia. En este sentido y en palabras de Pierre Delattre: «las resonancias que caracterizan el timbre de una vocal oral resultan de la filtración que sufre el tono glotal (la vibración de las cuerdas vocales) al pasar por la boca (y por las cavidades guturales que sobrentendemos aquí). La boca se comporta como un filtro (o un resonador, que viene a ser lo mismo) que no deja pasar nada más que ciertas vibraciones salidas de la glotis. Las frecuencias que la boca deja pasar son diferentes para

(29) Para la distinción de los rasgos que articulan la dicotomía vocal/consonante, pueden consultarse: Straka, G., «La división du langage en voyelles et consonnes peut-elle être justifiée?», *Tr. Li. Li.*, I, 1963, pp. 17-99. Delattre, P., «Change as a correlate of the vowel-consonant distinctions», *Studia Linguistica*, XVIII, 1964, pp. 12-25 y los trabajos de A. Quilis en este mismo sentido.

(30) Von Kempelen, W., *Mechanismus der menschlichen Sprache nebst einer sprechender Maschine*. Faksimile-Neudruck der Ausgabe Wien. Stuttgart 1970. Citado por Quilis, A., *Fonética Acústica...*, p. 130.

cada vocal; y si son diferentes se debe primordialmente a que las cavidades de resonancia que las filtran cambian de forma y/o de dimensiones»³¹. Es decir, al ponerse en vibración las cuerdas vocales producen una onda compuesta, cada uno de los sonidos vocálicos que emitiésemos tendría exactamente la misma configuración. Por lo tanto, si la percepción de cada vocal dependiese tan sólo de la frecuencia de sus componentes, todas las vocales serían —bajo condiciones iguales— prácticamente iguales. Ahora bien lo que diferencia una vocal de otras, aunque la frecuencia de sus componentes sea igual, es la distinta estructuración de sus armónicos, cuya percepción, tal como hemos señalado, es lo que denominamos *timbre*.

En las figuras 10 y 11 (Sonogr. de las vocales, banda ancha y estrecha, *apud* Quilis, pp. 145-147) están representados los sonogramas de las realizaciones de los 5 fonemas vocálicos del español. La figura 10 muestra el sonograma en banda ancha y la figura 11 en banda estrecha.

«En el primero se pueden percibir perfectamente los formantes. En el de banda estrecha aparecen todos los armónicos componentes, destacándose aquellos que corresponden a los formantes —los más ennegrecidos— y amortiguándose los demás.

De todos estos formantes, los dos primeros son indispensables para la percepción de cada vocal, siendo por ello, los responsables de la diferenciación vocálica. El tercer formante desempeña cierta función en determinados casos, como veremos más adelante»³².

P. Delattre señaló las relaciones existentes entre las frecuencias formánticas y las configuraciones de la cavidad bucal en el habla natural, del siguiente modo³³:

1. Existe una relación directa entre la elevación de la frecuencia del primer formante, F_1 y la abertura de la cavidad oral. Cuanto más alta es la frecuencia de F_1 más grande es la abertura total de la cavidad, y a la inversa. Véase, por ejemplo, en los sonogramas anteriores cómo el F_1 de la (a) es el más alto, frente a los de las vocales cerradas (i) e (u) que son los de menor frecuencia.

2.a) Existe una relación directa entre el retroceso y la elevación de la lengua y el descenso de la frecuencia del segundo formante F_2 : cuanto más posterior sea la posición de la lengua, más baja es la frecuencia del F_2 y a la inversa.

b) Existe una relación directa entre el redondeamiento labial y el descenso de la frecuencia del F_2 : cuanto mayor sea el redondeamiento y la proyección labial, más baja será la frecuencia del F_2 y a la inversa.

(31) Delattre, P., «Un triangle acoustique des voyelles orales du français» *The French Review*, 21, 1948, Baltimore, p. 480.

(32) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 143.

(33) Delattre, P., *Studies in French and comparative phonetics: selected papers in French and English*, The Hague, Mouton 1966, pp. 65-68 y pp. 236-242.

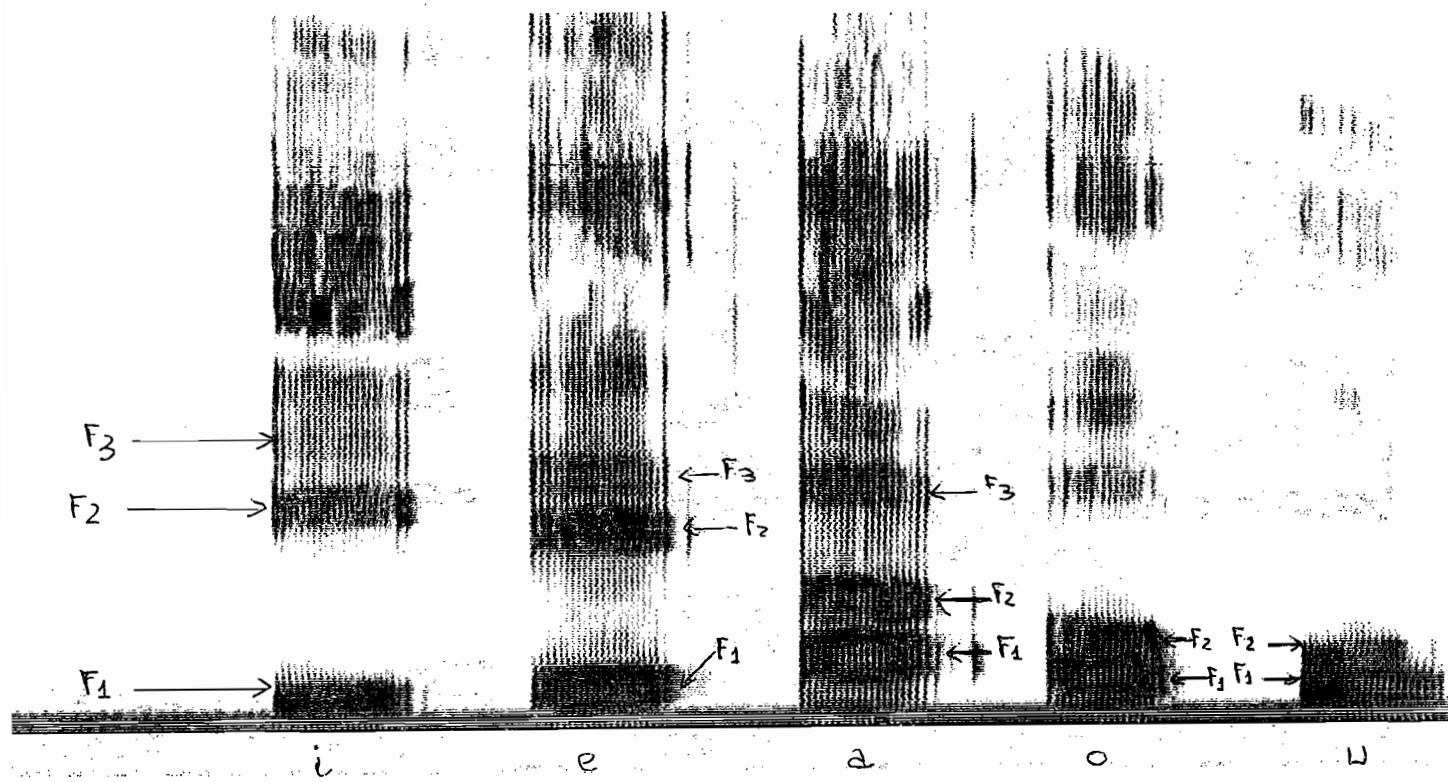
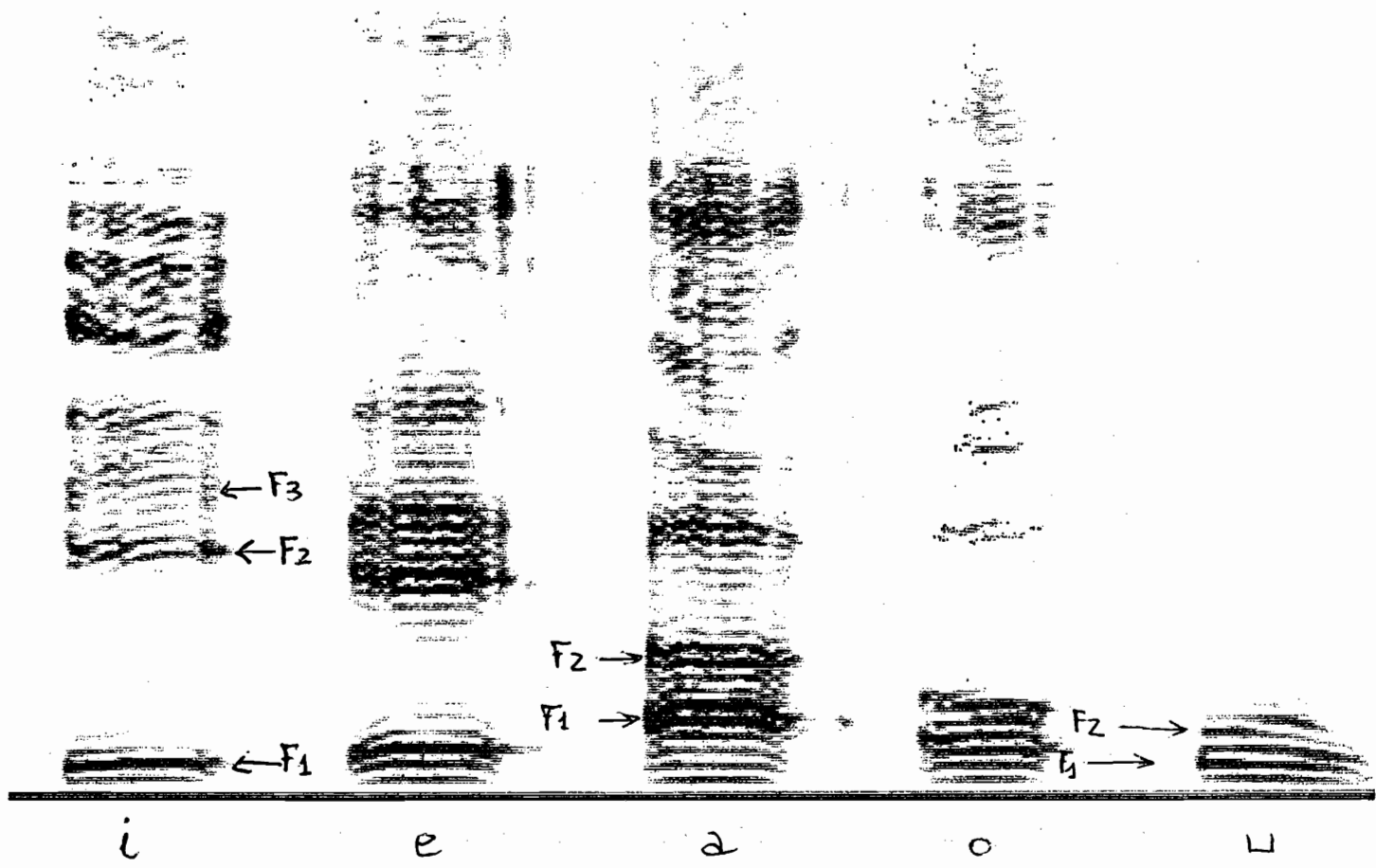


Fig. 10. Sonogramas en banda ancha de las vocales /i,e,a,o,u/. Voz masculina.



Fif. 11. Sonogramas en banda estrecha de las mismas vocales de la figura 10.

c) Puesto que el retroceso de la lengua y el redondeamiento labial tienden a alargar la cavidad bucal y al mismo tiempo afectan al descenso de las frecuencias del F_2 , puede resumirse lo expuesto en a) y b) señalando que, existe una relación directa entre la longitud de la cavidad anterior y el descenso de las frecuencias del F_2 : cuanto más larga es la cavidad anterior, más baja es la frecuencia del F_2 y a la inversa.

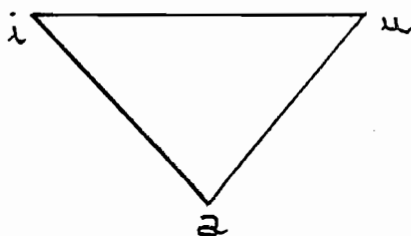
3. Existe una relación directa entre la elevación frecuencial del tercer formante, F_3 , y el descenso del velo del paladar, como en la nasalización; y entre el mismo descenso en la frecuencia del F_3 y la elevación de la punta de la lengua hacia una posición retrofleja.

Las relaciones expuestas hasta aquí, pueden verse, por ejemplo, comparando las situaciones frecuenciales de los formantes, con los esquemas articulatorios ya conocidos.

«Las modificaciones frecuenciales de los tres primeros formantes pueden dar cuenta también de otros hechos articulatorios generales. Ya hemos visto cómo la *labialización* se caracteriza por el descenso en su gama de frecuencias del F_2 , sobre todo, y del F_3 . La *palatalización* se caracteriza por un considerable aumento de las frecuencias del F_2 , un pequeño aumento del F_3 y un ligero descenso del F_1 . La *velarización* se manifiesta por un amplio descenso de las frecuencias del F_2 y prácticamente insignificante del F_3 , permaneciendo prácticamente inalterable el F_1 »³⁴.

Partiendo de los resultados obtenidos por la moderna electro-acústica es posible clasificar las vocales en tipos acústicos. Estos tipos son «grosso modo» los mismos en todas las lenguas del mundo pero cada lengua no utiliza más que un número restringido de todas las posibilidades vocálicas de nuestro aparato fonador. Según que los dos formantes principales se encuentren en la mitad del espectro (como el caso de (a), en la figura 10) o en los dos extremos (como es el de (i), es posible hablar de un tipo *denso* o de un tipo *difuso*. Si se pronuncia en serie (i) (e) (a) los dos formantes se aproximan sucesivamente (el formante alto desciende y el formante bajo sube). Si, por el contrario, pronunciásemos la serie (i) (u), el formante bajo queda invariable prácticamente mientras que el formante alto cae desde 2000 Hz a 800 Hz. La vocal (i) tiene un timbre claro o *agudo*, mientras que la (u) tiene un timbre más oscuro o *grave*. El tipo *denso* (a) ocupa bajo este punto de vista un lugar intermedio (neutro). Todos los sistemas vocálicos en las diversas lenguas del mundo, están asentados sobre la doble oposición entre, de un lado, la oposición *grave/agudo* (u/i) y, de otro, la oposición *denso/difuso* (a/i, a/u), que podemos simbolizar con el siguiente triángulo:

(34) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 152.



Existen lenguas que se contentan con estas tres oposiciones vocálicas y que no conocen, en consecuencia, más que estas tres vocales. La mayor parte de las lenguas, sin embargo, han ampliado este sistema, añadiendo elementos vocálicos en grados intermedios o en series paralelas; así, por ejemplo, en francés hay dos series de vocales agudas: (i, é, è y ü, oé, oè).

De la misma manera que bajo el punto de vista fisiológico se viene realizando, desde hace mucho tiempo, la representación de las vocales por medio de los llamados «triángulos articulatorios» —que intentan dar una idea, lo más exacta posible, de la situación articulatoria de cada vocal en la cavidad bucal— desde el punto de vista acústico, también es factible la representación de un sistema vocálico por medio de los triángulos acústicos. Estos triángulos acústicos se obtienen situando sobre la carta de formantes los resultados de los valores, absolutos o medios, de los F_1 y F_2 .

Veamos, a continuación un triángulo acústico de las vocales francesas, realizado por P. Delattre:

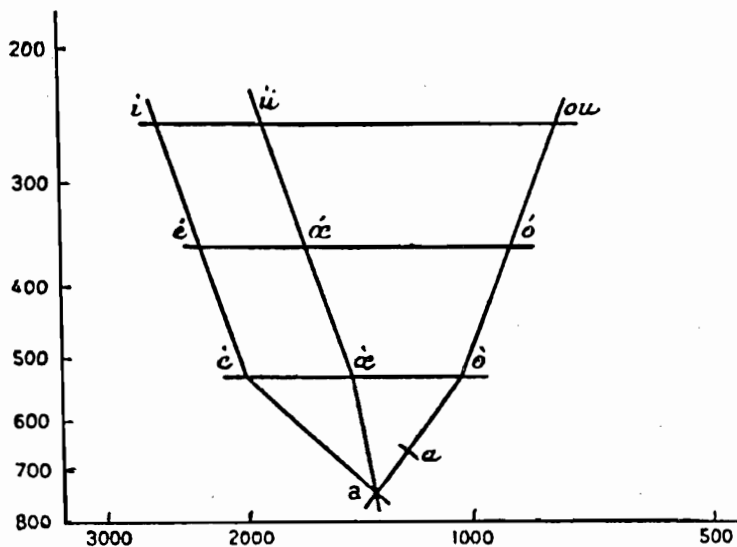


Fig. 12. Schéma vocalique du français (voyelles orales); en ordonnée, le formant bas; en abscisse, le formant haut. (D'après Pierre Delattre)³⁵

(35) Malmberg, B., *La Phonétique*.

Podemos ver, a continuación, la representación de un triángulo acústico del catalán, obtenido a partir de todos los valores medios de todas las realizaciones vocálicas de un informante catalán, según Ramón Cerdá ³⁶:

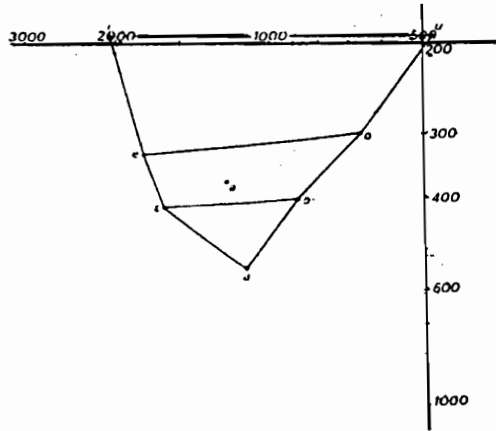


Fig. 13. Un triángulo acústico del catalán, según R. CERDÁ

«El análisis acústico de las vocales ofrece más ventajas que el articulatorio. En primer lugar, el número de parámetros que es necesario tener en cuenta en el nivel articulatorio para especificar con exactitud la posición de los órganos fonadores en la emisión de una vocal es muy elevado, mientras que los parámetros acústicos son mucho más reducidos. En segundo lugar, la representación de los triángulos articulatorios es una gran simplificación de la realidad puesto que sólo se tienen en cuenta dos —posición lingual antero-posterior y supero-inferior— de los muchos parámetros articulatorios que intervienen, mientras que los triángulos acústicos representan la realidad de la vocal percibida. En tercer lugar, lo que nosotros percibimos son sonidos, y lo que de ellos nos interesa es precisamente su estructura acústica y no los movimientos articulatorios, teniendo en cuenta, además, que por el fenómeno de la compensación, posiciones articulatorias diferentes pueden dar el mismo resultado acústico» ³⁷.

Podemos pasar a ver ahora un triángulo acústico de la lengua española ofrecido por A. Quilis, en la obra citada, p. 175:

(36) Cerdá, R., *El timbre vocálico en catalán*, Madrid, C.S.I.C., *Collectanea Phonetica*, IV, 1972, p. 166.

(37) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, pp. 162 y 163.

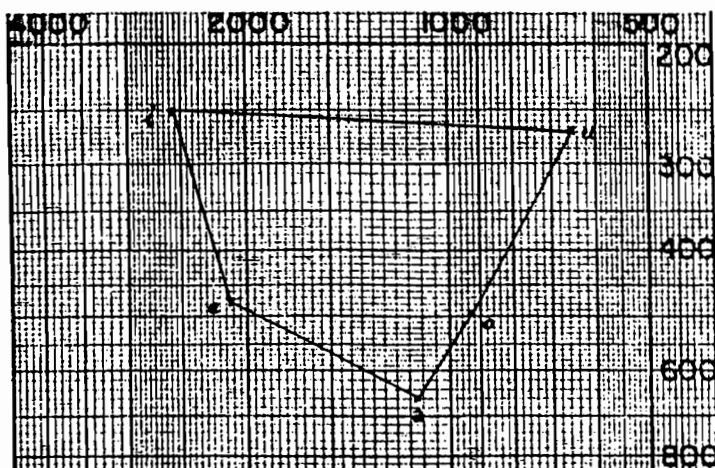


Fig. 14. Un triángulo vocálico acústico de la lengua española

Por lo que respecta a la lengua vasca, está por realizar aún, y tenemos que decir que, por nuestra parte, en proceso de elaboración la realización y presentación del triángulo acústico de las vocales vascas.

Por último y para terminar con el vocalismo queremos señalar que, como es ya sabido, todas las vocales poseen los rasgos *vocálico*, *continuo*, *sonoro* (el rasgo sonoro acompaña normalmente a la vocal, pudiéndolo perder en determinadas circunstancias debido al contorno en que estén situadas —*vocales ensordecidas*—) y *no consonántico*. Los otros rasgos que caracterizan las vocales son: *compacto o denso / difuso*, *nasal / oral*, *grave / agudo* y *bemolizado / no bemolizado*.

7. Las consonantes

7.1. Explosivas

Desde el punto de vista acústico, el término de consonantes *explosivas* se debe al hecho de que el momento más audible es el de la explosión, que equivale genéticamente al distensivo. Este grupo de consonantes, junto con (ts, dz, r, r'), reciben también la denominación de *momentáneas* a causa de la interrupción del continuum fónico durante su percepción.

«Tradicionalmente desde el punto de vista articulatorio, se consideran como oclusivas, y se definen como aquellas consonantes que son producidas por «un cierre del canal bucal». En este caso, bajo el mismo epígrafe de oclusivas sería necesario incluir tanto las orales (p, b, t, d, k, g) como las nasales (m, n, ŋ), la abertura al exterior a través de las fosas nasales es muy pequeña; lo característico en ellas es la comunicación que se establece entre las cavidades nasales y las

cavidades orales a causa del descenso del velo del paladar. Acústicamente tanto las oclusivas orales, como las nasales, comparten, como ya veremos más adelante, la forma (velocidad) y la dirección de las transiciones del segundo y tercer formantes»³⁸.

Siguiendo a P. Delattre y, manteniendo como característico el «cierre del canal bucal», dividiremos el conjunto de consonantes oclusivas en *oclusivas orales* y *oclusivas nasales*. Trasladando esta dicotomía al plano acústico podemos establecer la división en *explosivas orales* y *explosivas nasales*.

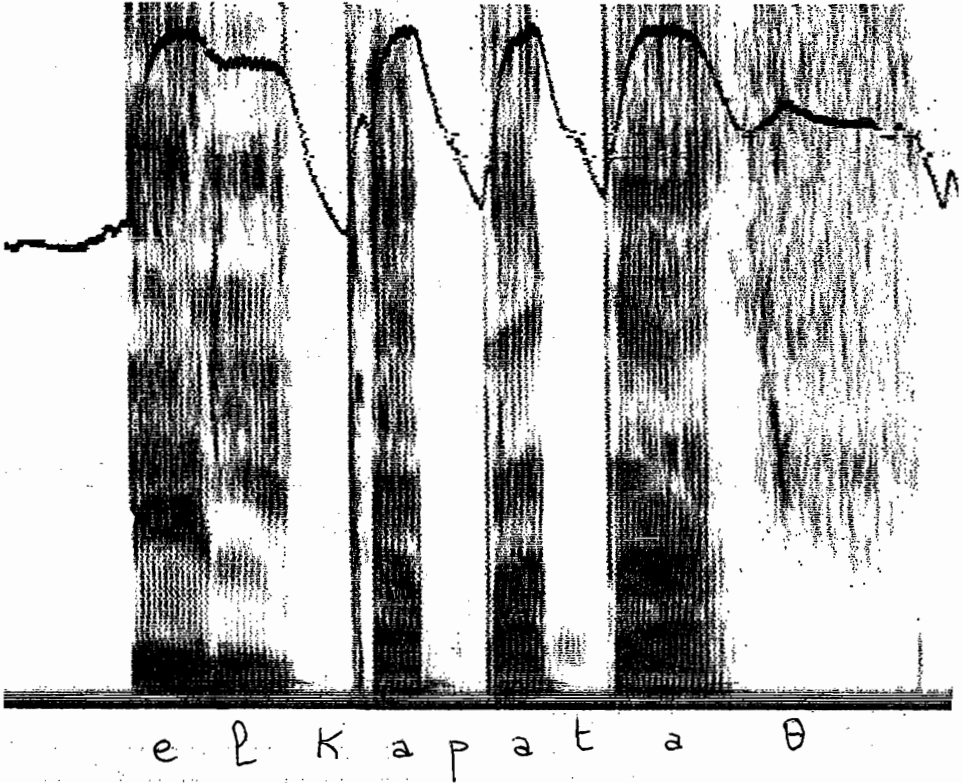


Fig. 15.

7.1.1. Explosivas Orales

Las características que distinguen fundamentalmente estas consonantes del resto son: a) la interrupción total en la emisión del sonido durante la tensión de la consonante; b) la explosión que sigue a esta interrupción y que se manifiesta en forma de sonido turbulento, breve

(38) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 189.

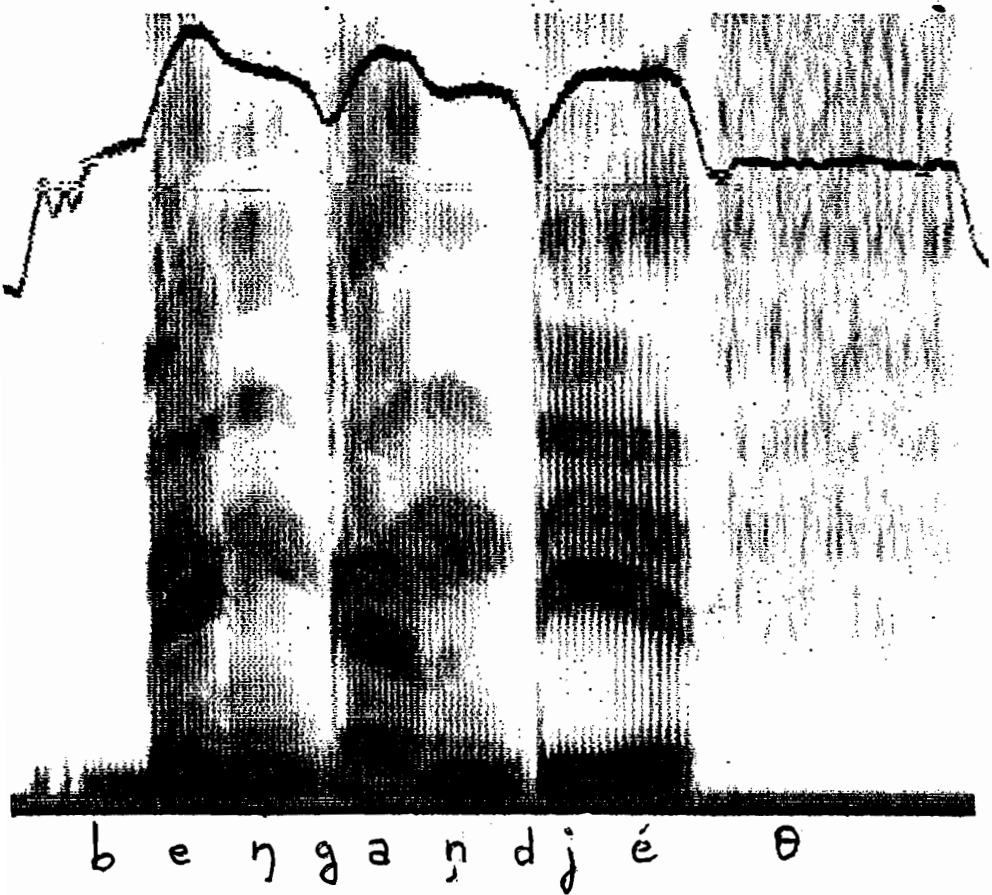


Fig. 16.

e intenso; c) la rapidez de las transiciones de los formantes de las vocales precedentes o siguientes.

En esta serie el español conoce seis fonemas: tres sordos (p, t, k) y tres sonoros (b, d, g) con sus correspondientes alófonos fricativos (β , δ , γ) comprendidos articulatoriamente en tres órdenes: labial (p, b), dental (t, d) y velar (k, g).

Veamos, ahora, sus características acústicas en algunos sonogramas:

En el primero de ellos, correspondiente a la secuencia: «el capataz» (elkapatáθ), citado por A. Quilis³⁹, podemos observar:

a) Ausencia total de regiones de frecuencia sobre el espectro de las consonantes oclusivas sordas.

(39) Vid. Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 207.

b) Barra de explosión, bien patente en (k, t), apenas perceptible en (p).

En el segundo, correspondiente a la secuencia «vengan diez» (bén-gandjé⁴⁰), vemos:

- a) Mayor duración de (b).
- b) Breve duración de (d, g) por ir precedidas de nasal.
- c) Barra de sonoridad en la parte inferior del espectro.
- d) Ausencia de regiones de frecuencias, salvo la barra de sonoridad.

Veamos ahora algunos espectros de estas consonantes en euskera:

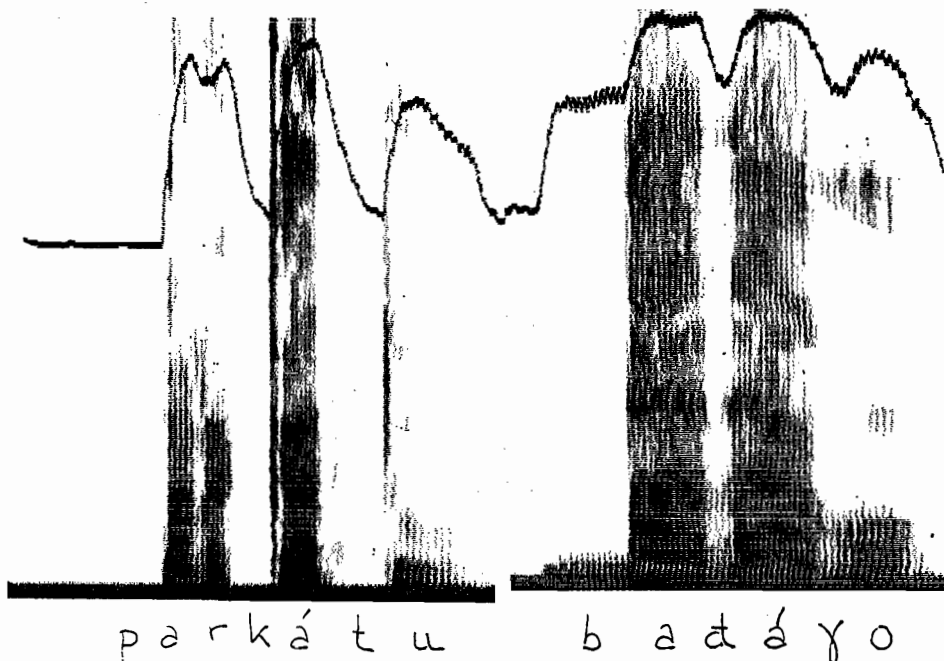


Fig. 17.

Fig. 18.

De aquí, podemos señalar además de las características ya mencionadas:

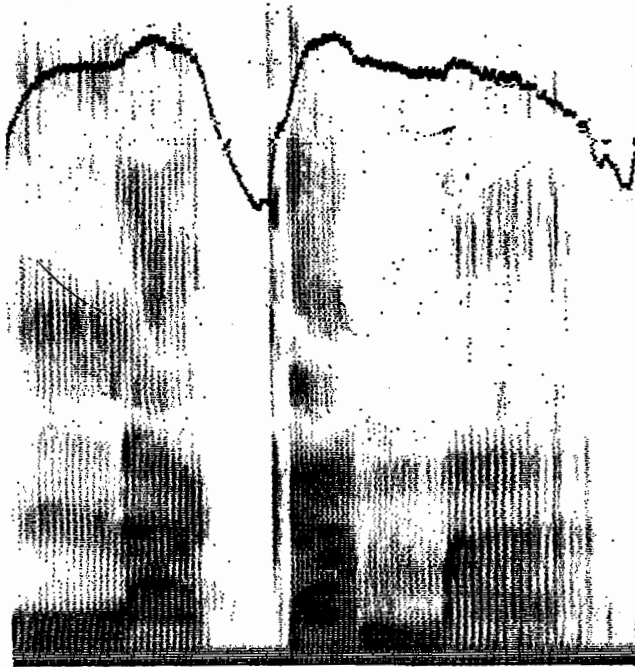
- a) Una tendencia al mantenimiento de la /k/ oclusiva velar sorda.
- b) En relación a la duración de la explosión, podemos advertir una tendencia a aumentar dicha duración, siendo, al parecer, el incremento más significativo el observado en el caso de la velar sorda (k).
- c) Ciertos casos de aspiración en las realizaciones sordas especialmente en la velar sorda (k).

(40) Ibid., p. 208.

7.1.2. Explosivas Nasales

Como ya hemos dicho, comparten con las explosivas orales la forma y la dirección de las transiciones del segundo y tercer formantes de las vocales contiguas.

«Lo que distingue de un modo fundamental las explosivas nasales de las orales es la existencia en las primeras de ciertos formantes durante su momento de tensión, que reemplazan el vacío que se produce durante la tensión de las explosivas orales, incluso sonoras; en éstas, el formante de sonoridad aparece a una frecuencia mucho más baja que el primer formante nasal (FN1) de nuestras consonantes. El FN1 está situado aproximadamente a una frecuencia de 250 cps, y tiene una intensidad menor que el F_1 de las vocales: (...). En los espectrogramas de la figura 19 se refleja esta disminución de la intensidad en la disminución del grado de negror de este primer formante nasal. De todos los formantes que aparecen durante la tensión de estas consonantes parece ser que el principal responsable de la percepción de la nasalidad es el primero; los superiores no dejan sentir apenas el efecto de la nasalidad, y son muy débiles»⁴¹:



l a k á m a

Fig. 19. Sonograma de la secuencia «La cama»

(41) Ibid., pp. 211-214.

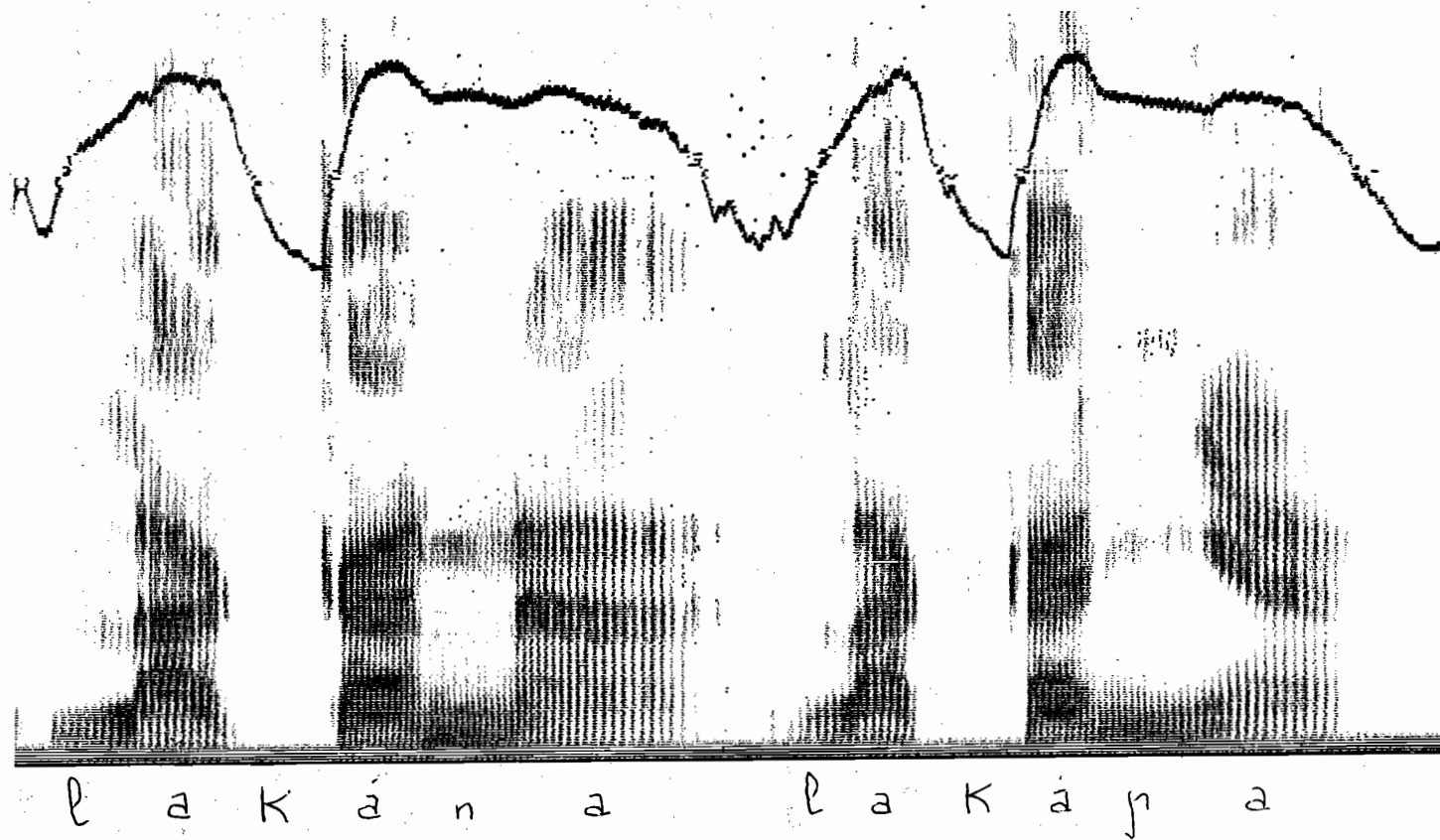


Fig. 20. Sonogramas de las secuencias «La cana», «La caña»

El español, como es sabido, conoce tres fonemas explosivos nasales (m, n, ɲ), que funcionan como tales en posición silábica prenuclear (káma), (kána), (káɲa) «cama-cana-caña». En posición silábica postnuclear (implosiva) quedan neutralizados, dando como resultado el archifonema nasal (N).

Veamos ahora (fig. 21, 22 y 23 de la p. siguiente) algunos espectros de estas consonantes en euskera:

A partir de los análisis realizados sobre las explosivas nasales hemos podido comprobar que:

a) En las realizaciones de /m/ aparecen 3 formantes que mantienen una situación frecuencial relativamente constante.

b) En las realizaciones de /n/, la mayoría de las veces no aparece el F₂ situado aproximadamente a las 1400 Hz; sí son constantes el F₁ y el F₃.

c) En las realizaciones de (ɲ), la mayoría de las veces sólo está presente el F₁, apareciendo en blanco la región de frecuencias medias y altas de su espectro.

7.2. Fricativas

Las consonantes que integran este grupo, reciben el nombre, desde el punto de vista acústico, de *fricativas* o *aspirantes*, «por ser lo más audible de ellas la fricción que produce el aire al pasar a través de la estrechez formada entre dos órganos articulatorios. Por ello, reciben en el plano de la fonética fisiológica el nombre de *constructivas*. El momento más perceptible de las consonantes fricativas se encuentra en su tensión: éste es el más importante, tanto acústica como articulatoriamente»⁴².

Las fricativas, como es sabido, presentan en español una pequeña irregularidad: en el plano fonológico existen cinco fonemas: /f, θ, s, j, x/, pero en el plano fonético hay, además de las cinco realizaciones de estos fonemas, tres más (β, ð, γ), ascendiendo el número total de sonidos a ocho. Estos tres últimos son alófonos, en distribución complementaria de /b, d, g/. La serie de alófonos fricativos se dividen articulatoriamente en los siguientes órdenes: labial (B, F), dental (ð, θ), alveolar (s), palatal (ʎ) y velar (γ, x).

«Las consonantes fricativas poseen un ruido de fricción que constituye una de sus principales características. Además, como todas las consonantes, infieren en los formantes de las vocales contiguas ciertas transiciones. (...).

Las consonantes fricativas presentan en español dos grupos bien delimitados: a) el de aquellas consonantes que poseen predominio de resonancias en las zonas de bajas frecuencias. Encuadramos en este

(42) Ibid., p. 220.

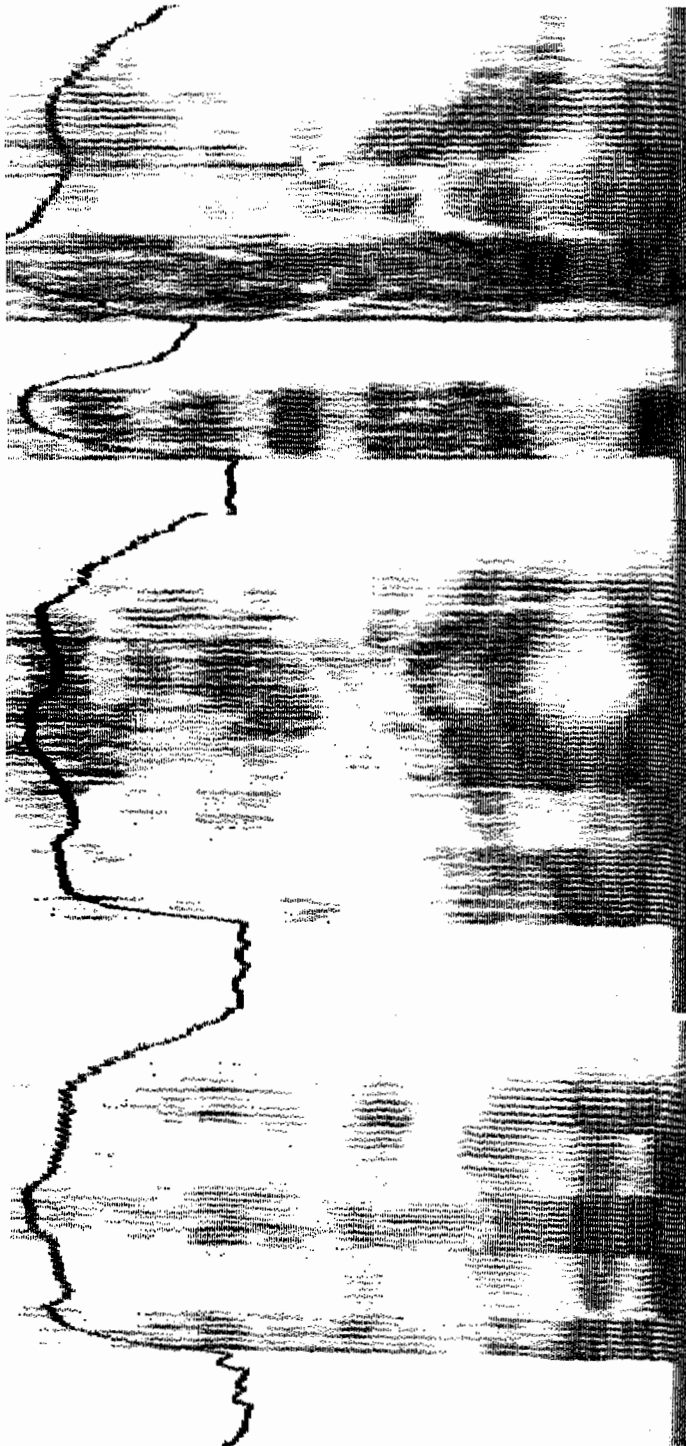


Fig. 21.

a m á m á n á j á e k á j á

Fig. 22.

Fig. 23.

grupo (β , δ , γ , χ); se caracterizan porque las zonas de resonancia se encuentran situadas, principalmente, en la mitad inferior del espectro. b) El de las fricativas cuyas resonancias se encuentran en las zonas de altas frecuencias u ocupan todo su espectro. En este caso se encuentran (f , θ , s , χ). De estas cuatro, la que presenta mayor intensidad es (s), le sigue (χ) y, por último, con una intensidad muy débil (f , θ)»⁴³.

Veamos algunas realizaciones de consonantes fricativas en español:

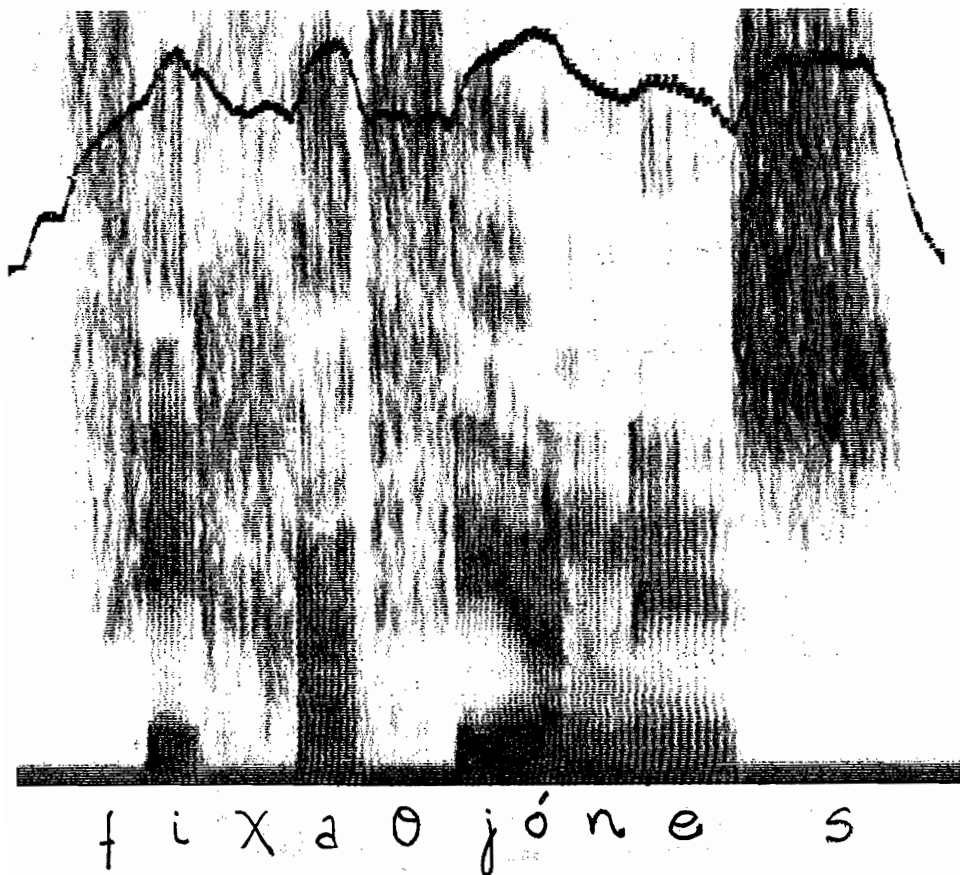


Fig. 24.

Pasemos, ahora, a analizar alguna realización de los fonemas fricativos de la lengua vasca. Por lo pronto, señalaremos que existen, en el plano fonético, un número total de ocho sonidos. La serie de alófonos fricativos se divide articulatoriamente en los siguientes órdenes: labial (β , F), dental (δ), alveolar (s), dorsal (s), palatal (s) y velar (γ , χ).

(43) Ibid., pp. 221 a 229.

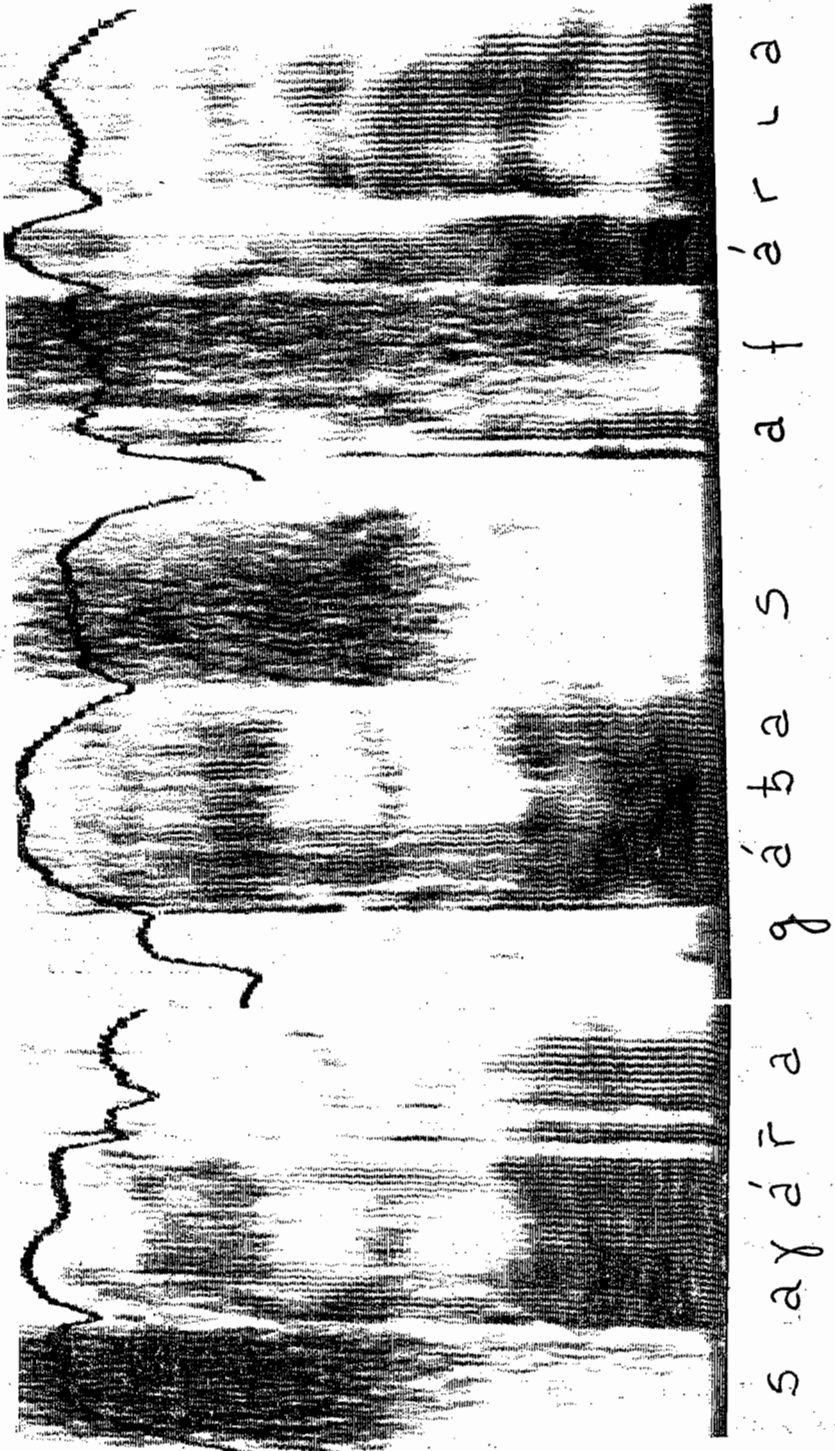


Fig. 25.

7.3. *Africadas*

Las consonantes africadas, articulatoriamente, reciben la denominación de *semioclusivas*, término análogo al que se emplea en la fonética francesa, y que en español forma serie terminológica con las denominaciones *semivocal*, *semiconsonante*. Estos sonidos africados se caracterizan, desde el punto de vista acústico, porque en su emisión intervienen dos momentos: uno interrupto, similar al de las explosivas, seguido de otro constructivo. Estos dos momentos se realizan en el mismo lugar articulatorio y, además, durante el momento de su tensión.

«Como es sabido, el problema de la naturaleza fonética de las africadas ha sido siempre muy discutido tanto en el plano de la fonética general, como en el de la fonética descriptiva de alguna lenguas en particular. Para algunos investigadores, como, por ejemplo M. Grammont, la combinación de una consonante oclusiva con cualquier fricativa da origen a una africada. De este modo habría tantas consonantes africadas como combinaciones de consonantes existiesen. Para otros, sin embargo, las africadas son oclusivas cuya oclusión se combina con una fricación (Hála, Chlumsky, etc.). El problema se centra en saber si son sonidos simples o compuestos. Algunos fonetistas, como Sievens, Jespersen, Tomson, Forchamer y Grammont, consideran las africadas como una combinación de dos sonidos. Sin embargo, Chlumsky, Meillet, Hála consideran las africadas como sonidos simples»⁴⁴.

El español conoce, fonológicamente, un solo fonema africado: el linguopalatal sordo /tʃ/; pero fonéticamente posee dos africadas: una, el alófono de /tʃ/, (tʃ), y otra, la palatal sonora, alófono del fonema linguopalatal central /tʃ/, que transcribiremos como /dʒ/. La variante sorda se realiza como tal en todos los contornos; la sonora se encuentra en distribución complementaria con la realización fricativa (ʃ) y se produce como africada, en posición inicial absoluta (después de pausa) o precedida de consonantes nasales o laterales.

«El momento de constricción de la africada es mayor que el que se produce en una explosiva aspirada y normalmente menor que el de una fricativa: ésta se percibe como tal cuando su ruido dura por lo menos 110 ms.; para la percepción de una consonante como africada sorda es necesario que la turbulencia de la fricación dure por lo menos 50 ms., y para las explosivas sordas aspiradas es necesario que el ruido de su aspiración dure cuanto más 30 ms.

En el dominio del español hay múltiples variantes de africadas, tanto de las sordas como de las sonoras»⁴⁵.

(44) *Ibid.*, p. 257. Para este problema puede verse la bibliografía que relata Quilis, A., *Op. Cit.*, pp. 257 y 258.

(45) *Ibid.*, p. 259.

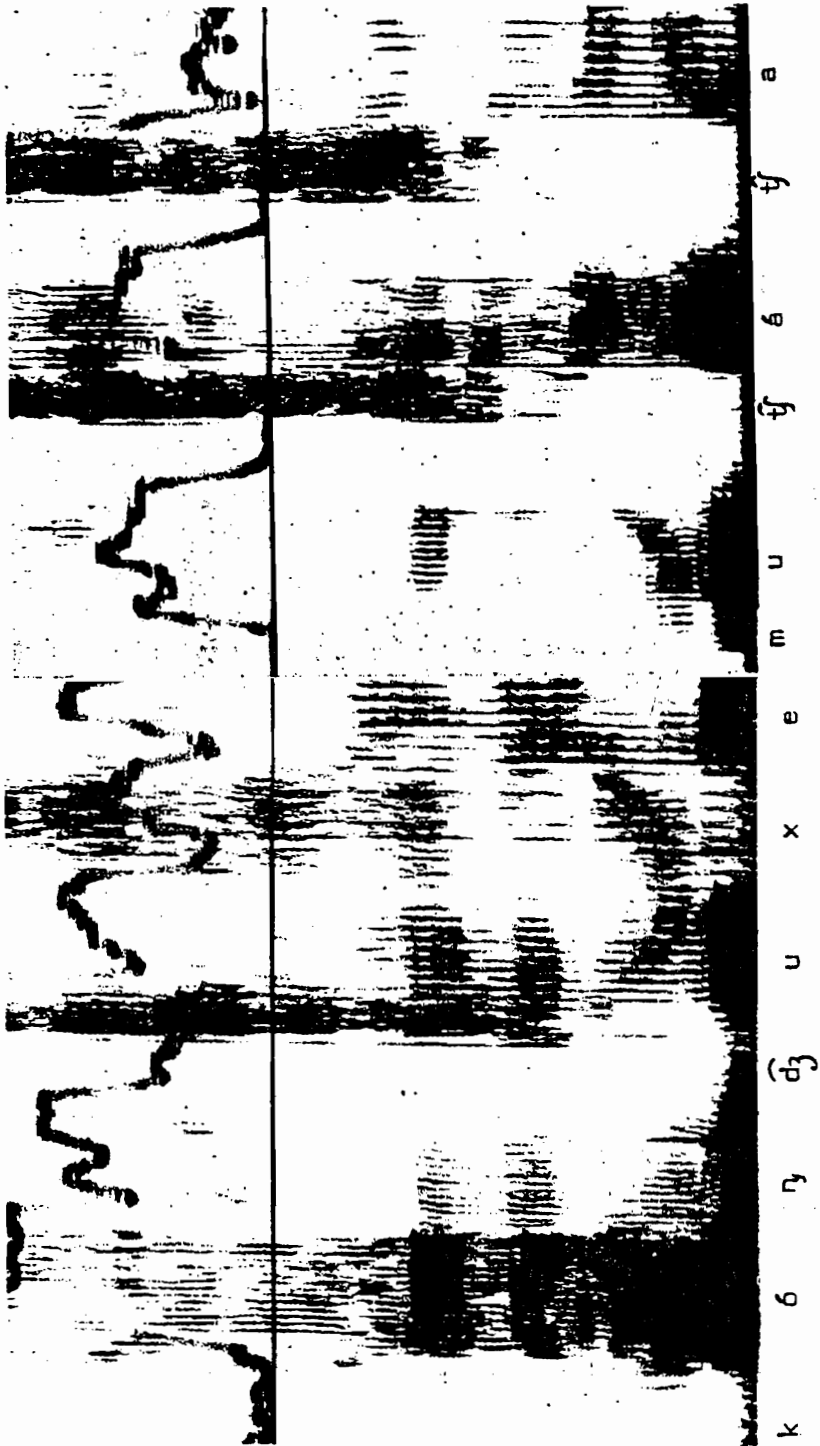


Fig. 26.

Por lo que respecta al euskera, aunque las variantes son múltiples, ya sean sonoras o sordas, en el plano acústico distinguimos (ts) y (tš), la primera en la serie dorsal y la segunda en la serie palatal:

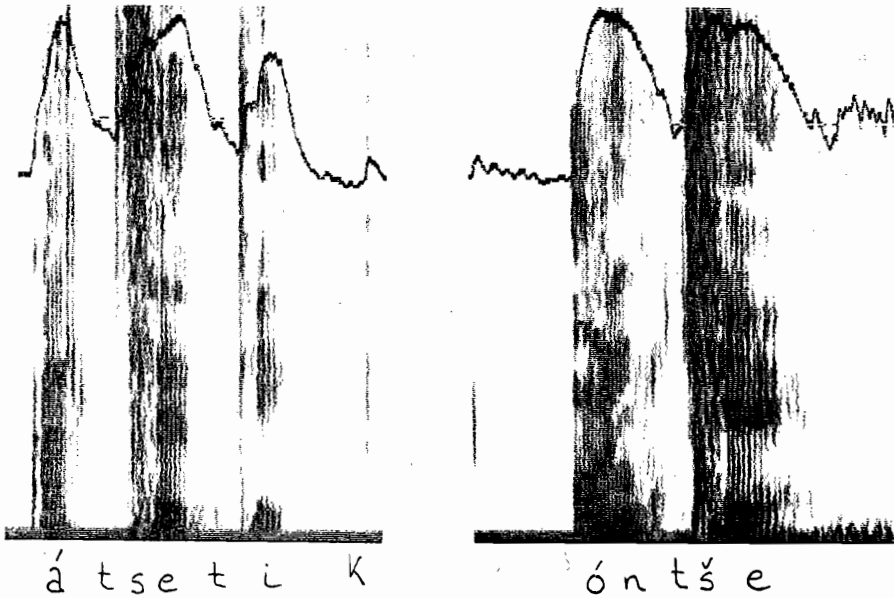


Fig. 27.

7.4. Líquidas

El término de *consonante líquida* se rehabilitó en la fonética acústica para incluir bajo esa denominación las consonantes laterales y vibrantes. «Ello fue debido a la existencia en estas consonantes de ciertas características que les infieren una fisonomía intermedia entre los sonidos vocálicos y los consonánticos. Desde el punto de vista articulatorio, presentan una abertura glotal mayor de la cavidad supraglótica, pese a que en algún lugar de esta cavidad la lengua puede presentar algún obstáculo a la salida del aire. Acústicamente, poseen rasgos vocálicos y consonánticos: como vocales, solamente tienen una fuerte armónica; como consonantes, aparecen zonas de antiresonancia en su espectro. La estructura formántica de las líquidas es muy similar a la de las vocales; difiere de éstas en: a) la frecuencia del fundamental es menor; b) su intensidad global también es menor»⁴⁶.

Fonológicamente, en español hay dos grupos de consonantes líquidas: a) los fonemas laterales /l/ y /ʎ/ y b) los fonemas vibrantes /r/ y /r̄/. Los fonemas laterales se oponen entre sí sólo en posición

(46) Vid., Quilis, A., *Op. Cit.*, p. 274.

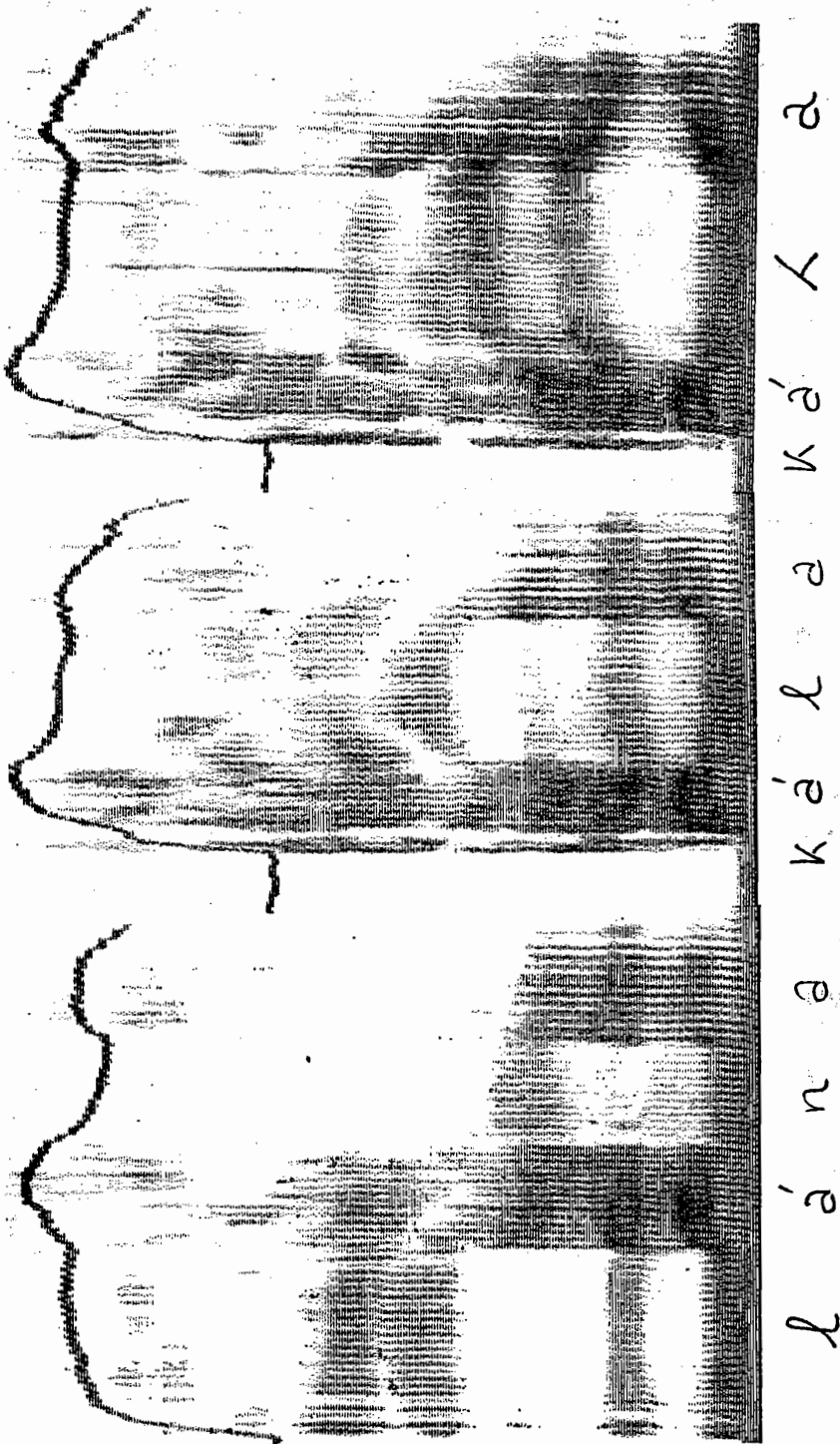


Fig. 28.

silábica prenuclear. Los fonemas vibrantes funcionan sólo en interior de palabra, en posición silábica prenuclear: «pero/perro»; en posición postnuclear se neutralizan, y en posición inicial de palabra sólo aparece /r̄/.

Las líquidas laterales se caracterizan por su continuidad, lo que da origen a que en su espectro aparezcan ciertos formantes análogos a los vocálicos. Veamos ahora (fig. 28 de la pág. anterior) algún sonograma de realización inicial e intervocálica de /l/ en español, así como de /ʎ/ también en español.

Comparando los dos fonemas laterales /l/ y /ʎ/, encontramos varios puntos de divergencia, de los que pensamos que unos no son diferenciados y otros sí. Los índices diferenciadores son a nuestro parecer, los siguientes:

«1. La duración de las transiciones, cuya diferencia es casi el doble, a favor de /ʎ/.

2. La frecuencia del F₂, mucho mayor en la palatal: media del F₂ de /l/ 1555 cps.; media del de /ʎ/, 2060 cps.

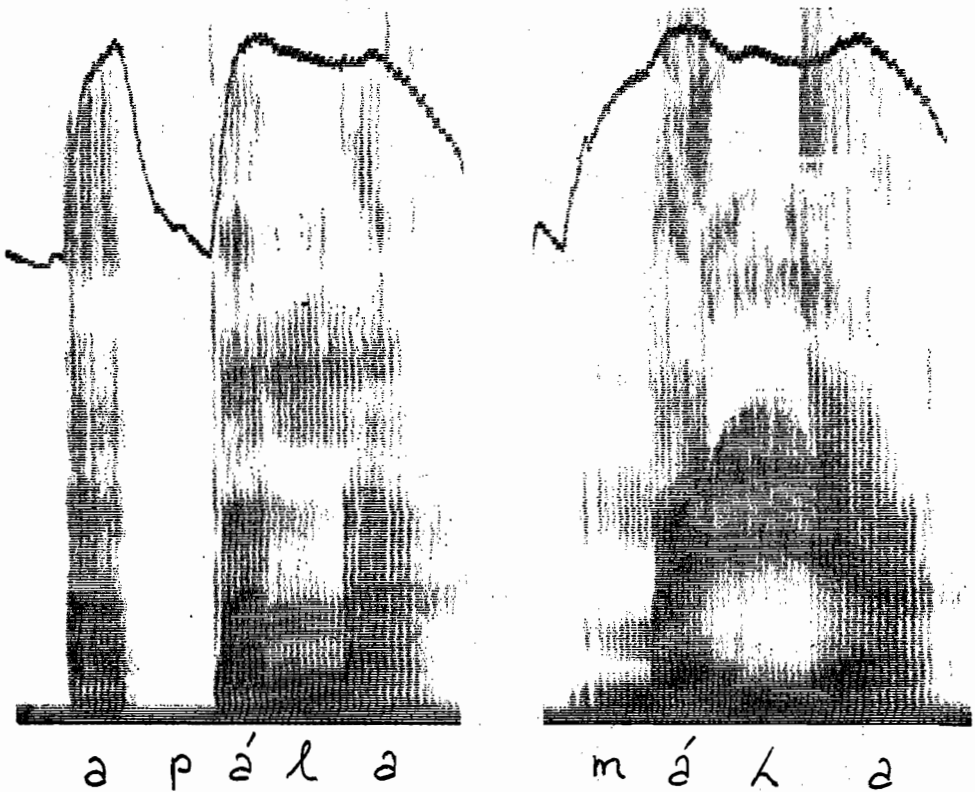


Fig. 29.

3. Otro punto diferenciador que creemos muy importante es el de las *transiciones del segundo formante* T_2 y, junto a él, la diferencia existente entre el comienzo de la T_2 y el cuerpo de su correspondiente F_2 »⁴⁷.

Pasemos ahora (véase fig. 29 en pág. anterior) a observar algún ejemplo de /l/ y /ʎ/ en euskera:

Las consonantes vibrantes se caracterizan por su cualidad de interrumpidas. En la figura siguiente (n. 30) aparecen los sonogramas de las secuencias («pero» (r) y «perro», (r̄)). «En la primera se puede observar una interrupción muy breve entre las dos vocales, que corresponde a la rápida oclusión articulatoria del ápice de la lengua contra los alveolos. En la secuencia de la vibrante múltiple, «perro», aparecen tres interrupciones (señalada la primera por o en la figura), que corresponden a otras tantas oclusiones, y dos elementos vocálicos (señalado el primero por e en la figura), que corresponden a los momentos de abertura en-

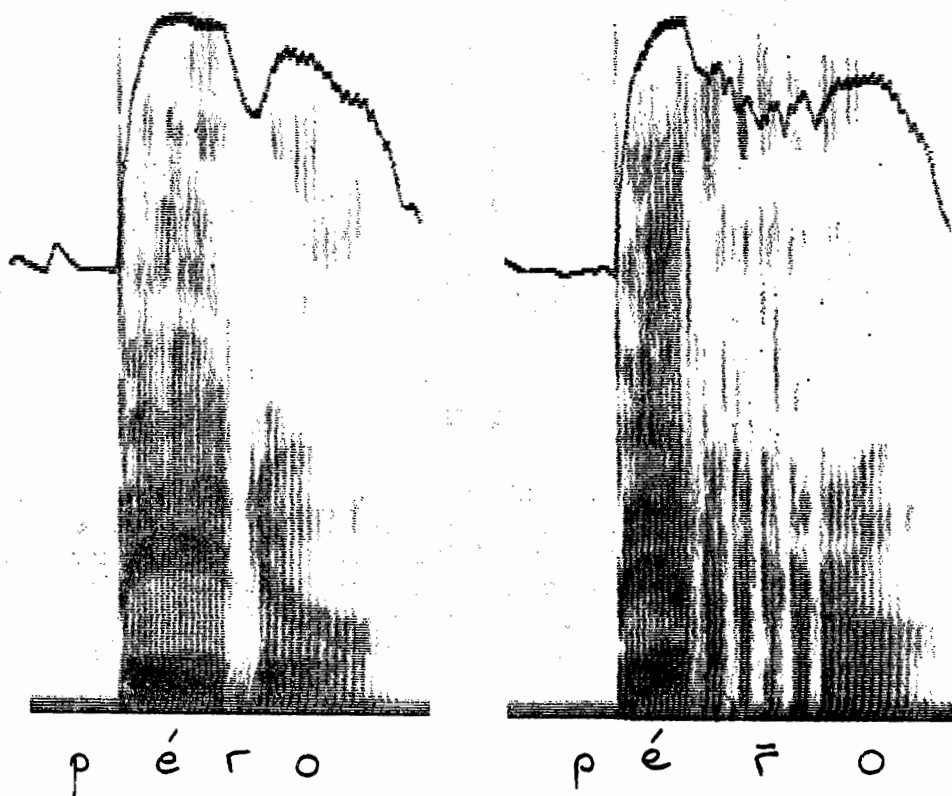


Fig. 30.

(47) Ibid., pp. 285 y 286.

tre el ápice lingual y los alvéolos; estos últimos, cuya composición espectrográfica presenta características análogas a las de una vocal (existencia de zonas formánticas netamente caracterizadas), aparecen entre cada una de las oclusiones».

Veamos, ahora en euskera, secuencias en espectro de realizaciones de consonantes líquidas vibrantes con /r/ y con /r̄/:

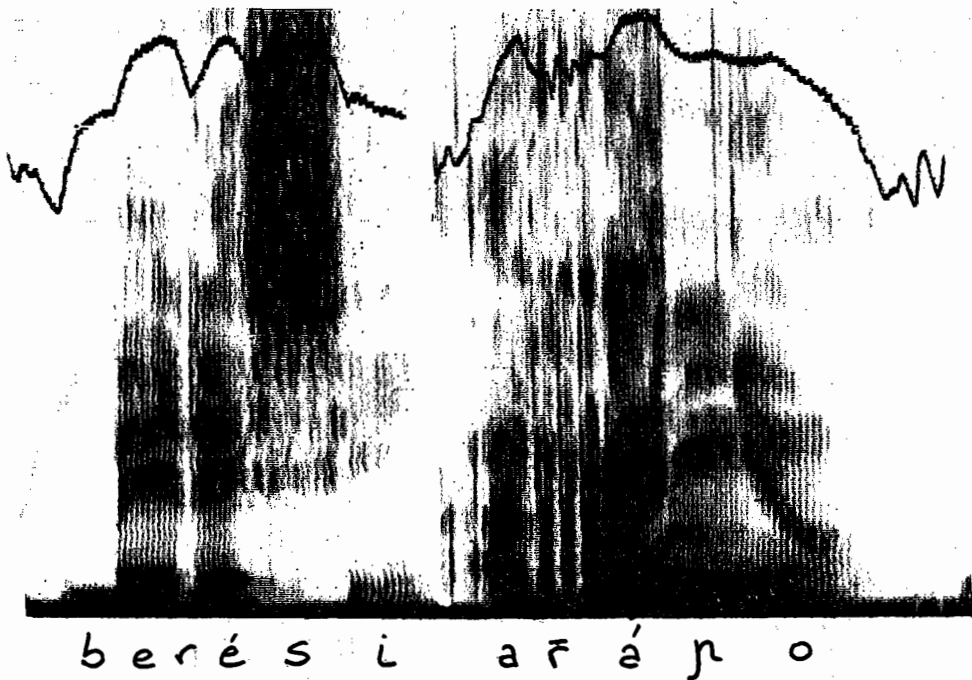


Fig. 31.

Si comparamos la figura anterior de realizaciones en español, con la actual, podemos observar que no existen diferencias apreciables.

Por último y para concluir, únicamente queríamos señalar que, en el momento actual, la aplicación de la Fonética acústica a los estudios descriptivos de una lengua, o de una variedad dialectal es cada vez más importante, llegando a ser prácticamente imprescindible.