

NUEVOS MÉTODOS Y RESULTADOS DEL ANÁLISIS ESPECTRAL DE CINCO FRICATIVAS INGLESAS¹

Silvia Carmen BARREIRO BILBAO
Universidad de León

ABSTRACT

This paper reports on a number of experiments carried out in order to describe the spectral characteristics of five English fricatives uttered in isolation and on a study of the influence on the spectrum of two variables, "subject" and "articulation". 7 male speakers with R.P. pronunciation were used as informants, producing 200 stimuli (40 per fricative). The material was analysed with a sonograph KAY 5500. As well as throwing new light on the spectral peak/formant frequencies and amplitudes there is a clear indication in evidence of the influence the above variables have on the spectrum of the fricatives. The results also show the intrinsic acoustic characteristics of each sound and their relationships with others. The data is presented in tables and illustrative graphs.

Key Words Acoustic Characteristics, Spectral Analysis, Variables ("Subject", "Articulation")

1. INTRODUCCIÓN

Los sonidos fricativos se caracterizan por una forma de onda aperiódica y por presencia de ruido en todas las bandas de frecuencias del espectro (Delattre, Liberman y Cooper, 1962). La propia naturaleza "ruidosa" de estos sonidos dificulta un análisis espectral encaminado a determinar los índices acústicos asociados con los distintos lugares de articulación que cada una de estas consonantes representa.

Los estudios sobre fricativas inglesas se iniciaron en 1956 por G.W. Hughes y M. Halle, y a partir de dicho momento se han venido desarrollando distintos trabajos que aportan información valiosa al tema (P. Stevens (1960), J.M. Heinz (1961), J.M. Heinz y K. Stevens (1961), W. Jassem (1965) y (1968), S.J. Behrens y S.E. Blumstein (1988), entre otros).

De sus conclusiones se extrae la idea de que las dos características espectrales que diferencian a las fricativas cuando se producen en solitario (sin apoyo vocálico) son la intensidad global del ruido y la distribución de los picos espectrales (es decir, las frecuencias de dichos picos y su relación en términos de amplitud). Esta afirmación, aparentemente simple, no es tal, cuando se analizan los resultados de los estudios.

¹ Parte de este trabajo se expuso en el congreso de AEDEAN, 1995.

Todos ellos, ya sea a través del análisis o de la síntesis, comparan las frecuencias de los picos espectrales de los distintos sonidos al tiempo que describen sus espectrogramas y espectros de un modo general. Sin embargo, tanto la designación de los formantes (F1, F2) como el número de los mismos varían de unos autores a otros, e incluso aparecen ostensibles divergencias en los valores de las amplitudes de los picos espectrales o formantes.

Bien es verdad que la dificultad que entraña un estudio de este tipo es un hecho reconocido por los propios investigadores; basta mencionar las palabras de P. Strevens sobre la obtención de resultados concluyentes en lo que se refiere a los picos espectrales de las fricativas:

It is arbitrary enough to decide by visual inspection that a peak is or is not present, but distinctions between different sizes or shapes of peaks are not feasible, as anyone will confirm who has studied fricative spectra (1960, 140).

2. OBJETIVOS

A la vista de los resultados de los estudios realizados con anterioridad se observa la necesidad de una mayor profundización en el tema y así se efectuó un trabajo experimental para identificar o matizar aún más los índices acústicos asociados a los lugares de articulación de las fricativas.

Asimismo, se analizó la posible acción de dos variables, "informante" y "articulación", en la variación de los picos espectrales en términos de frecuencia y amplitud.

Los resultados y conclusiones finales de este estudio aparecerán precedidos de la explicación de la terminología empleada así como de la presentación detallada de los métodos llevados a cabo para la obtención de los resultados, cuya aplicación facilitó la interpretación de los datos.

3. MÉTODOS

3.1. INFORMANTES

Se eligieron siete informantes masculinos nativos con pronunciación R.P. para la recopilación del material; todos ellos con conocimientos de fonética.

3.2. MATERIAL

Los cinco sonidos fricativos sordos empleados en los experimentos fueron: el labiodental [f], el dental [T], el alveolar [s], el palato-alveolar [S] y

el glotal [h]. Cada consonante se repitió cinco veces, lo que proporcionó un total de 200 estímulos (40 por fricativa).

3.3. PROCEDIMIENTO

El material grabado con un Revox B 77 MK II se analizó² con un sonógrafo KAY 5500 del laboratorio de Ciencias del Habla de UCL (Londres).

Se aplicó un análisis acústico mediante sección integrada³ para la obtención del espectro de potencia. El rango de frecuencias de los espectrogramas se limitó entre 0 Hz y 16 kHz, con filtros de 600 Hz. Se tenía constancia de que un filtro tan amplio integraba demasiada información bajo una misma zona por lo que, en principio, se eligió un filtro de 300 Hz. Sin embargo, la información que se obtuvo de ese modo no permitió tomar datos precisos. La única posibilidad que se consideró acertada fue la de hacer uso de un filtro mayor. Esta decisión quedó avalada por el trabajo de J. M. Heinz y K. Stevens (1961), en el que explican cómo los polos de las fricativas aparecen separados por más de 300 Hz, con lo cual las concentraciones de energía quedan reflejadas de igual modo con un filtro mayor de 300 Hz.

El rango dinámico del espectrograma fue de 42 dB, con una atenuación de 20 dB, mientras que el rango del espectro fue 72 dB y sin atenuación. Así, los valores del espectro aparecieron en un rango entre 0 y -72 dB⁴. La sensibilidad de entrada se fijó en 40 dB, aunque el sonógrafo ajusta automáticamente la escala decibélica para que las diferencias de intensidad estén presentes y no sea necesario alterar los datos finales.

3.4. ANÁLISIS ACÚSTICO

3.4.1. Introducción

A partir del concepto de "pico espectral" se denominó "formante" fricativo a la banda de energía más o menos ancha en torno a unas frecuencias determinadas, siempre y cuando apareciera(n) en 50% o más de los datos de

² El análisis espectral del sonido dental puso de manifiesto que las realizaciones de tres de los siete informantes contenían características acústicas que no se correspondían ni con sonidos dentales ni con sonidos alveolares tipo [s] sino una mezcla de ambos. Con el fin de recoger sólo valores de sonidos estándar eliminamos estas realizaciones, dejándolas para otro trabajo de investigación.

³ La sección integrada se diferencia de la sección normal en que en vez de ofrecer el espectro de un punto seleccionado sobre el espectrograma, presenta el espectro de la media de la zona acotada por los dos cursores sobre el espectrograma.

⁴ Los datos se normalizan a la salida máxima del algoritmo FFT, representado en el sonógrafo por $2^{12} = 4.096$, que proporciona un rango dinámico de 72 dB, con una entrada máxima analógica A/D de 1 voltio. La máxima salida de FFT de 4.096, que se corresponde con 1 voltio es, en la escala decibélica, el 0 dB.

los informantes. Estos formantes contribuyen a la caracterización del lugar de articulación de los cinco sonidos, ya que representan las resonancias del tracto vocal de cada una de las configuraciones adoptadas.

El estudio espectral presentó, además, las siguientes características:

(1) No se incluyeron los datos de los valles espectrales debido a que la posibilidad de introducir errores era muy alta. La razón aparece explicada en un estudio de F.J. Harris:

The sampling of the signals in time domain introduces "spectral leakage" in frequency domain. This effectively means that each harmonic has a band of frequency associated, called "main Lobe". Therefore, it is impossible to locate "zeros" visually as the "spectral leakage" of two adjacent harmonics could falsely lead to a "trough" (1978, 51).

(2) La comparación entre los informantes se realizó mediante la observación los picos espectrales lo que dio lugar a dos posibles casos:

1.- Cuando se observaron formantes se calculó la densidad media del espectro de potencia de los mismos. Posteriormente, los resultados se normalizaron asignando al pico espectral de "máxima" intensidad el valor de 0 dB, y ajustando los demás a partir de dicho punto⁵.

2.- Cuando no se observaron formantes, se extrajo la información a partir la aplicación de una nueva técnica que consistía en la obtención de la densidad media espectral basada en los picos espectrales en bandas de frecuencias fijadas en intervalos de 1.000 Hz. Seguidamente, los resultados se normalizaron del modo señalado con anterioridad. De este manera, se obtuvieron los perfiles globales de los espectros de dichos sonidos.

(3) Se incluyeron en tablas las medias de las frecuencias y amplitudes de los formantes junto con el porcentaje de presencia entre los informantes y las desviaciones estándar (entre paréntesis).

3.4.2. Resultados

El análisis espectral de las cinco fricativas puso de manifiesto sus características intrínsecas, como se reflejan en las gráficas⁶ 1-5 que aparecen recogidas al final del trabajo.

⁵ Esta forma de normalización es una práctica habitual presente desde los primeros trabajos, como el estudio de G.W. Hughes y M. Halle (1956, 154).

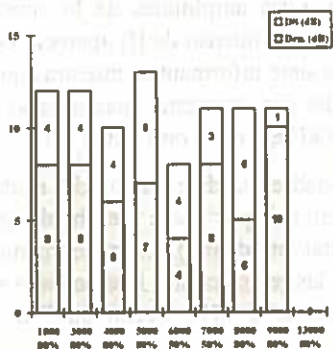
⁶ En la parte inferior de las gráficas se muestran los espectrogramas; en la parte superior, la forma de onda (a la derecha) y el espectro de potencia media (a la izquierda).

Los sonidos no sibilantes [f] y [T] compartieron un perfil espectral prácticamente plano, hecho motivado por las pequeñas diferencias que presentaron las amplitudes de los picos espectrales o formantes (no sobrepasaron los 10 dB). No obstante, en un análisis más detallado del perfil espectral, se observaron pequeñas divergencias entre ambos sonidos. En el espectro de la fricativa labiodental [f] se produjo un pequeño descenso de la intensidad de la energía a partir del primer formante (situado a 1.663 Hz), como se puede apreciar en la tabla 1:

Formantes	Frecuencia, Amplitud, %
F1	1.663 (266) -1 (3), 80%
F2	2.566 (228) -5 (2), 90%
F3	3.667 (223) -3 (2), 100%
F4	6.923 (103) -6 (6), 40%
F5	8.162 (221) -7 (5), 100%
F6	11.313 (195) -7 (7), 70%

Tabla 1. Valores medios normalizados de los formantes de [f]

En el espectro del sonido dental [T] la energía se mantuvo con una intensidad prácticamente constante hasta la última banda de frecuencias⁷ (entre 13 kHz y 14 kHz). Asimismo, la zona entre 5 kHz y 6 kHz fue la que presentó una intensidad ligeramente superior al resto, como se puede observar en la gráfica⁸ 6.



Gráfica 6. Densidad del espectro de potencia de bandas de frecuencias basada en los picos espectrales del sonido [θ] inglés con desviación estándar y frecuencia de aparición (%)

⁷ Dada la frecuencia e intensidad de esta banda no se puede considerar muy significativa su contribución en el conjunto global del espectro dental.

⁸ Debido a razones técnicas en la gráfica se tuvo que asignar al pico espectral de "máxima" intensidad el valor de 0 dB, ajustando los demás a partir de dicho punto.

Las diferencias más evidentes entre estas consonantes fricativas (labiodental y dental) se apreciaron en la comparación de las realizaciones individuales de los informantes:

(1) En el espectro del sonido labiodental [f] aparecieron formantes claros y definidos en una amplia banda de frecuencias (desde 938 Hz a 15.429 Hz). En frecuencias más altas (por encima de 6 kHz) los valores de las amplitudes de los formantes fueron muy dispares entre los informantes, como se observa en la gráfica 7. Este hecho puso de manifiesto la ausencia de significación de esa zona en conjunto global de energía del espectro ya que sea intensa o no la franja por encima de 6 kHz el sonido resultante siempre fue [f].

(2) El espectro del sonido dental [T] presentó un alto contenido de ruido, esparcido por una amplia zona de frecuencias (desde 1.143 Hz a 15.429 Hz). La localización de los principales picos espectrales no coincidió de un informante a otro, como se observa en la gráfica 8, por lo que no se consideró la existencia de formantes. Es interesante mencionar que la intensidad de la zona entre 6 kHz y 10 kHz fue muy similar al de las frecuencias inferiores (unos 3 dB menos) y además, no hubo grandes divergencias entre los hablantes, lo que la convirtió en relevante y significativa en el conjunto global del espectro.

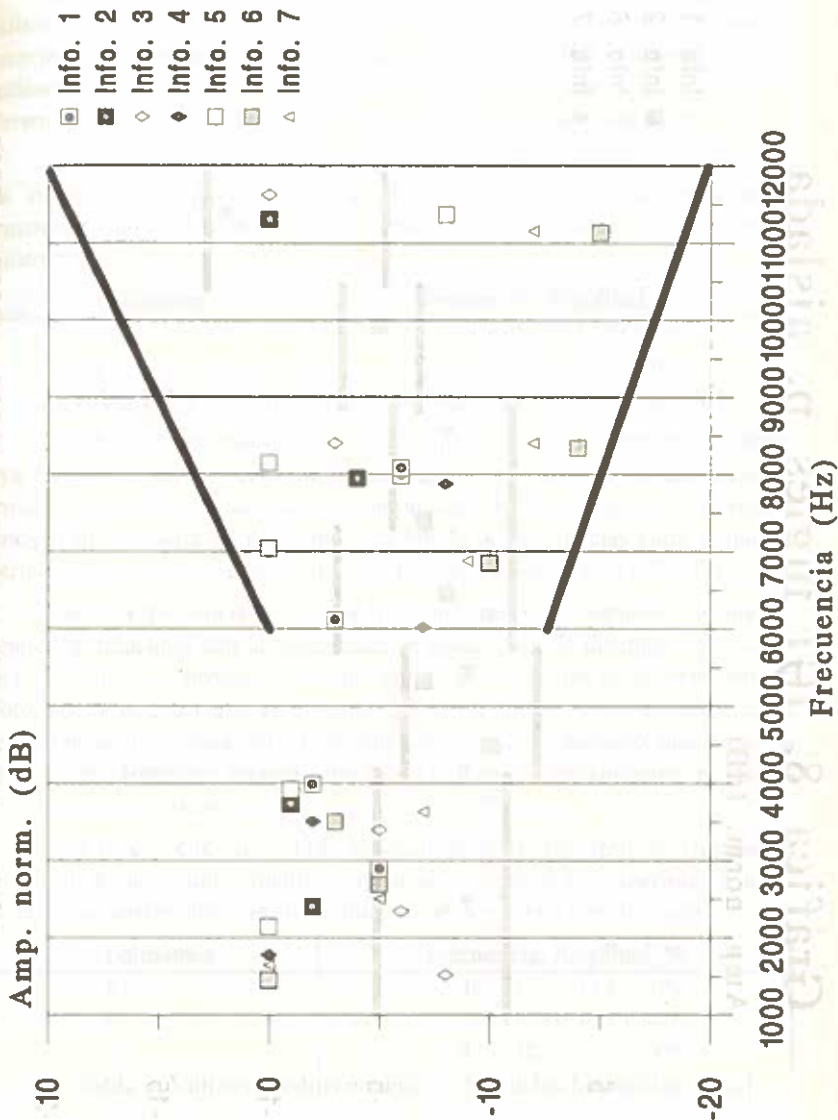
La influencia del informante⁹ fue muy clara tanto para [f] como para [T], no sólo en lo que se refiere a las frecuencias de los picos espectrales / formantes sino también a las amplitudes de los mismos. Sin embargo, la localización del formante más intenso de [f] apareció en torno a 1'5 kHz en el espectro de cuatro de los siete informantes, mientras que en el caso del sonido dental, la localización del pico espectral más intenso estuvo en 50% de los casos entre 3'5 kHz y 5'5 kHz, y en la otra mitad entre 6'5 kHz y 8'5 kHz.

La gran variabilidad en la distribución del ruido en la fricativa [T] se relacionó con la posibilidad por parte del hablante de realizar distintas articulaciones (apicodental/interdental). Un experimento piloto¹⁰ adicional puso de manifiesto que en las realizaciones interdentesales el ruido se concentraba en torno a la frecuencia de 5 kHz, hecho que no se manifestaba en las apicodentales.

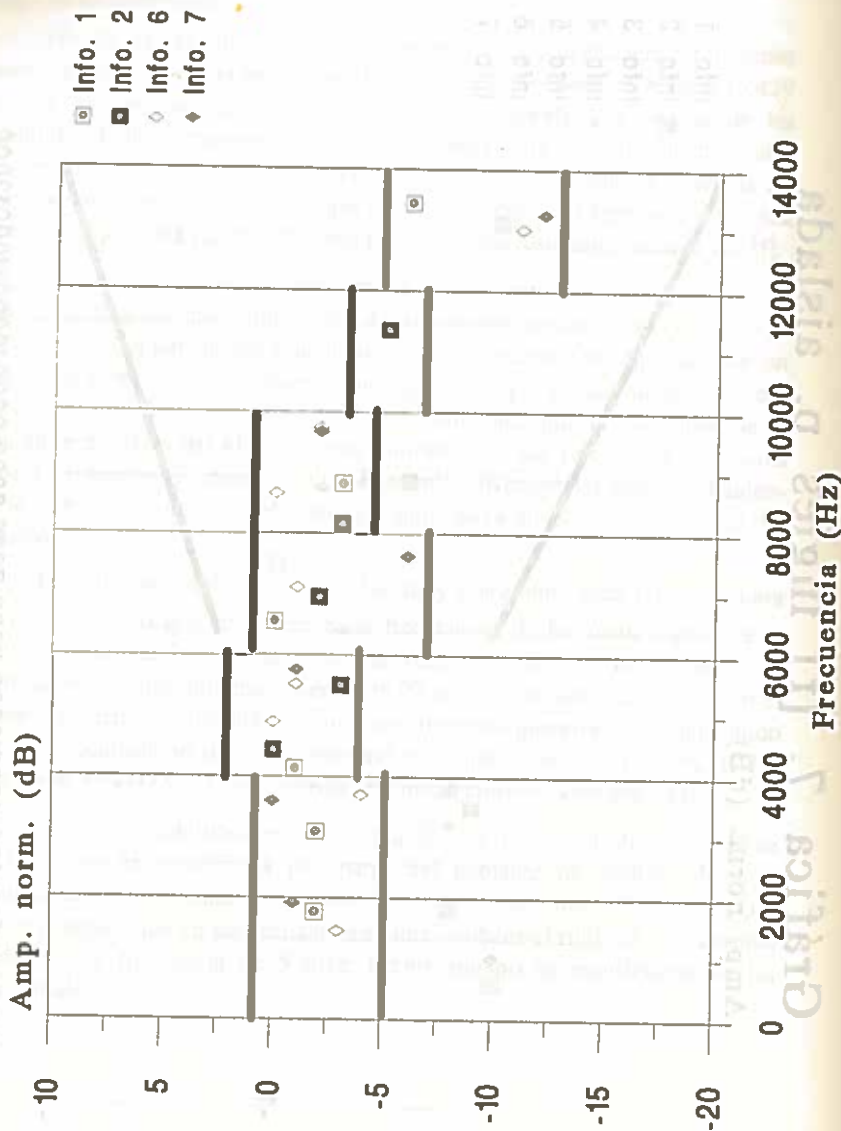
⁹ La gran incidencia de esta variable condiciona el número de informantes en los experimentos. Concretamente, en los trabajos de análisis acústico de fricativas la cifra varía entre uno y trece informantes.

¹⁰ Ver Silvia 1994, 161.

Gráfica 7. [f] inglés p. aislada



Gráfica 8. [Θ] inglés p. aislada



Las consonantes sibilantes [s] y [ʃ] formaron el segundo grupo de análisis. Ambos sonidos compartieron el hecho de que en el espectro aparecieron formantes claros y de gran intensidad (aunque fueron precisamente las frecuencias de esos formantes las que establecieron la diferencia entre estas dos fricativas, como veremos más adelante):

(1) En el espectro de la consonante alveolar [s] apareció el formante más intenso en una banda entre 4'3 kHz y 6'6 kHz, seguido de un segundo formante a unos 8'3 kHz (a 2 dB menos), como se puede observar en la siguiente tabla:

Formantes	Frecuencia, Amplitud, %
F1	5.460 (1142) -5 (2), 100%
F2	8.341 (110) -7 (5), 70%

Tabla 2. Valores medios normalizados de los formantes de [s]

También se observaron otros picos espectrales en frecuencias más altas, cuya frecuencia varió mucho de un informante a otro y no se consideraron formantes. Las diferencias entre las amplitudes de estos picos y el formante principal fue de hasta 14 dB menos. La banda de frecuencias entre el que se distribuyó la energía del sonido alveolar fue entre 1.362 Hz y 14.711 Hz.

Tanto la frecuencia del primer formante como la presencia relevante del segundo se relacionó con la posibilidad de realización de distintas articulaciones (apico-alveolar, predorso-alveolar, etc.). Los resultados de un experimento piloto¹¹ dejaron claro que cuanto más posterior fue el lugar de articulación menor fue la frecuencia del F1 de este sonido; y, en segundo lugar, que la presencia del formante segundo fue más clara en las realizaciones predorso-alveolares que en las demás.

(2) El espectro del sonido palatoalveolar [ʃ] presentó tres formantes claros, cuyas amplitudes mantuvieron unas diferencias no superiores a los 7 dB, como se puede observar en la tabla que se presenta a continuación:

Formantes	Frecuencia, Amplitud, %
F1	2.485 (122) -3 (4), 70%
F2	3.283 (165) 0 (1), 90%
F3	5.875 (387) -7 (1), 100%

Tabla 3. Valores medios normalizados de los formantes de [ʃ]

¹¹ Ver Silvia 1994, 166.

La energía de esta fricativa se extendió por una zona entre 929 Hz y 13.027 Hz. De los tres formantes, el segundo (a 3.283 Hz) fue el más intenso y significativo del espectro -en torno a su media no se apreció una gran desviación estándar-. No se observó, por otra parte, una incidencia clara de la variable "articulación" como lo demostró un experimento piloto¹² adicional.

La diferencia principal entre los espectros de los dos sonidos fricativos radicó en la frecuencia del formante principal. Cuando se procedió a la comparación espectral de las dos fricativas no se produjo en ningún caso un solape entre las frecuencias de estos formantes: la fricativa alveolar tuvo siempre el formante más intenso a una frecuencia superior que el de la fricativa palato-alveolar (unos 2.000 Hz aproximadamente.), a pesar de la posibilidad de realización de diferentes articulaciones afectaba a la localización de la frecuencia de dicho formante.

Por último, el sonido fricativo glotal [h] formó un grupo aparte, ya que no se asemejó a ninguno de los sonidos anteriormente mencionados. La energía (que cubrió la zona entre 0 Hz y 8.703 Hz) se concentró en formantes cuya amplitud decrecía a medida que se ascendía en la escala de frecuencias. La afirmación que aparece en los manuales de que la energía del sonido glotal ocupa una franja de frecuencias baja y estrecha se debe a que los primeros formantes son los más intensos, mientras que los superiores (a partir de 6 kHz) llegan a contener hasta 25 dB menos de amplitud que el F1, como se observa en la tabla 4, lo que hace pensar que la información contenida en los formantes de la zona alta no es tan significativa en el contenido global de energía espectral como la de los dos primeros.

Formantes	Frecuencia, Amplitud, %
F1	802 (43) 0 (0), 70%
F2	1.440 (272) 0 (0), 80%
F3	2.529 (245) -8(6), 80%
F4	3.651 (230) -8 (6), 80%
F5	5.595 (293) -20(3),80%
F6	7.711 (167) -25(5),70%

Tabla 4. Valores medios normalizados de los formantes de [h]

4. DISCUSIÓN

El análisis espectral llevado a cabo con las cinco fricativas inglesas sordas (labiodental, dental, alveolar, palato-alveolar y glotal) puso de relieve ciertas características que se pueden relacionar con los distintos lugares de

¹² Ver Silvia 1994, 182.

articulación que cada sonido representa. Además, el análisis acústico tuvo en cuenta las variables "informante" y "articulación".

Los resultados de los experimentos permitieron establecer una primera y gran diferencia entre las fricativas: las no sibilantes [f] y [T] por un lado, las sibilantes [s] y [S] por otro y la glotal [h] aparte.

Los sonidos no sibilantes labiodental y dental dispersaron su energía sobre una amplia zona de frecuencias sin grandes concentraciones, mientras que los sibilantes concentraron dicha energía en zonas concretas y de gran intensidad¹³. El sonido glotal formaría un grupo aparte con un espectro que recordaba, en cierta medida, al de una vocal susurrada (con "fricción"), ya que las concentraciones de energía fueron bastante nítidas y aparecieron en el espectro como formantes envueltos en ruido espectral "de fondo".

También se observó que las variables "informante" y "articulación" dejaron una clara impronta en los espectros, influyendo en la distribución del ruido espectral y de los formantes. No obstante se mantuvieron presentes las características espectrales asociadas a cada lugar de articulación de las fricativas.

Los resultados obtenidos en el presente estudio no coincidieron exactamente con estudios previos en lo que se refiere a las frecuencias o amplitudes de los principales picos espectrales o formantes. Este hecho se explica porque se trabajó con un fragmento de habla natural no sintético, lo que provocó la clara incidencia de variables como las aquí consideradas. Sin embargo, los datos presentados de las franjas de frecuencias en las que se localizan los formantes de las sibilantes coincidieron con los valores dados por algunos autores a los polos (en especial J.M. Heinz y K.N. Stevens (1961)).

Se confirmó, asimismo, la gran semejanza espectral de las fricativas no sibilantes [f] y [T], aunque se encontró una diferencia significativa: la presencia de formantes en el caso del sonido labiodental y la diferente significación del contenido de energía de las frecuencias altas (hecho apuntado por W. Jassem en 1965).

En lo que se refiere a las fricativas sibilantes, se ratificó la existencia de una diferencia entre las fricativas sibilantes basada en la frecuencia del

¹³ Según la teoría acústica, las fricativas no sibilantes se caracterizan por la presencia de ceros asociados a cada polo con el resultado de un espectro prácticamente plano; sin embargo, las sibilantes (en especial [s]) carecen de formantes en la zona baja a causa de sus propias constricciones que impiden un acoplamiento entre las cavidades anteriores y las posteriores dando como resultado un espectro de filtro de paso alto. Los ceros libres por debajo de los polos libres contribuyen, asimismo, a esa estructura de filtro de paso alto.

formante más intenso, ya que este siempre apareció a una frecuencia más baja en el sonido palatoalveolar que en el alveolar. Este fenómeno se debe a que el resonador delante de la constricción es más amplio en el caso de la fricativa palatoalveolar (G. Fant, 1960).

La importancia de estos experimentos realizados con las cinco fricativas del inglés estándar no sólo radica en la aportación de nuevos datos sobre los valores de los picos espectrales/ formantes -que se vienen a sumar a los de investigaciones previas en el campo-, sino en la aplicación de nuevas técnicas analíticas de los resultados que, junto con las gráficas ilustrativas, permiten entender mejor el espectro de cada fricativa y la relación con aquellas de su mismo modo de producción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARREIRO Bilbao, S.C. 1994. "Análisis acústico descriptivo de fricativas español-inglés: estudio comparativo". Tesis doctoral. Universidad de León.
- BEHRENS, S.J. y BLUMSTEIN, S.E. 1988. "Acoustic characteristics of English voiceless fricatives: a descriptive analysis", *Journal of Phonetics*, 16, 295-98.
- DELATTRE, P.C., LIBERMAN, A.M. y COOPER, F.S. 1962. "Acoustic Loci and Transitional Cues for Consonants", *J.A.S.A.*, 27, 769-73.
- FANT, C.G.M. 1960. *Acoustic Theory of Speech Production*, La Haya: Mouton.
- FRY, D.B. (ed.). 1965. *Language and Speech*, Teddinton, Middlesex: Robert Draper Ltd.
- (ed.). 1976. *Acoustic Phonetics*, Cambridge: C.U.P.
- HARRIS, F.J. 1978. "On the Use of Windows for Harmonic Analysis with the Discrete Fourier Transform", *Proceedings of IEEE*, 66, 1, 51-83.
- HEINZ, J.M. 1961. "Analysis of fricative consonants", *MIT Research Lab of Electronics Quarterly Progress Report* 60, 181-84.
- y Stevens, K.N. 1961. "On the Properties of Voiceless Fricative Consonants", *J.A.S.A.*, 33, 589-96.
- HUGHES, G.W. y HALLE, M. 1956. "Spectral Properties of Fricative Consonants" en D.B. Fry (ed.) 1976, 151-61.
- JASSEM, W. 1965. "The formants of fricative consonants" en D.B. Fry (ed.), 1965, 8, part 1, Jan-March, 1-16.

---- 1968. "Acoustical Description of Voiceless Fricatives in terms of Spectral Parameters", *Speech Analysis and Synthesis*, 1, 189-206.

STREVENS, P. 1960. "Spectra of Fricative Noise in Human Speech", en D.B. Fry (ed.) 1976, 132-49.

KAY ELEMETRICS CORP. MODEL 5500
SIGNAL ANALYSIS WORKSTATION

Date: 9 3F 19FF
Analysis by:

Time: 12:7F:14 AM

INPUT SETTINGS
Source
Frequency Range
Input Shaping
Buffer Size

Channel 1
LEFT CONNECTORS
DC - 16 KHz.
HI-SHAPE
2 00 SECONDS

Channel 2
LEFT CONNECTORS
DC - 16 KHz.
FLAT
2.00 SECONDS

ANALYSIS SETTINGS
Signal Analyzed
Analysis Format
Transform Size
Time Axis
Frequency Axis
Analysis Window
Averaging Set Up

Lower Screen
CHANNEL 1
SPECTROGRAPHIC
100 pts. (600 Hz)
50ms (1sec)
FULL SCALE
HAMMING
NO AVERAGING

Upper Screen
CHANNEL 2
POWER BET. CURSORS
100 pts. (600 Hz)
3.12ms (62.5ms)
FULL SCALE
HAMMING
NO AVERAGING

DISPLAY SETTINGS
Time Divisions
Freq. Divisions
Dynamic Range
Analysis Atten.
Set Up Options Set

Lower Screen
05000 Sec.
2000. Hz.
42 dB
20 dB
to: #04

Upper Screen
003125 Sec.
2000. Hz.
72 dB
0 dB

CURSOR READINGS:

FC1: 1360 Hz, FC2: 6160 Hz, ^F: 4800 Hz

FC1: 0dB, FC2: - 3dB, ^F: 3dB

^R1: 1.479 Sec. ^R2: 1.308 Sec.

^T: 1703 Sec.

PITCH TC1: Hz TC2: Hz

AMPLITUDE TC1: dB TC2: dB

SUBJECT MATTER

KAY ELEMETRICS CORP. MODEL 5500
SIGNAL ANALYSIS WORKSTATION

Date: g 3F 19FF
Analysis by:

Time: 12:7F:15 AM

INPUT SETTINGS	Channel 1	Channel 2
Source	LEFT CONNECTORS	LEFT CONNECTORS
Frequency Range	DC - 16 KHz.	DC - 16 KHz.
Input Shaping	H1-SHAPE	FLAT
Buffer Size	2.00 SECONDS	2.00 SECONDS

ANALYSIS SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Signal Analyzed	CHANNEL 1	CHANNEL 2
Analysis Format	SPECTROGRAPHIC	POWER BET. CURSORS
Transform Size	100 pts. (600 Hz)	100 pts. (600 Hz)
Time Axis	50ms (1sec)	3.12ms (62.5ms)
Frequency Axis	FULL SCALE	FULL SCALE
Analysis Window	HAMMING	HAMMING
Averaging Set Up	NO AVERAGING	NO AVERAGING

DISPLAY SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Time Divisions	.05000 Sec.	.003125 Sec.
Freq. Divisions	2000. Hz.	2000. Hz.
Dynamic Range	42 dB	72 dB
Analysis Atten.	20 dB	0 dB
Set Up Options Set to:	#04	

CURSOR READINGS:

FC1: 6240. Hz. , FC2: 1360. Hz. , ^F: 4880. Hz.

FC1: 0dB, FC2: - 3dB, ^F: 3dB

^R1: 1.196 Sec. , ^R2: 1.480 Sec.

^T: 2844 Sec.

PITCH TC1: Hz. TC2: Hz.

AMPLITUDE TC1: dB TC2: dB

SUBJECT MATTER

KAY ELEMETRICS CORP. MODEL S500
SIGNAL ANALYSIS WORKSTATION

Date: 9 3F 19FF
Analysis by:

Time: 12:7F:48 AM

INPUT SETTINGS	Channel 1	Channel 2
Source	LEFT CONNECTORS	LEFT CONNECTORS
Frequency Range	0C - 16 KHz.	DC - 16 KHz.
Input Shaping	HI-SHAPE	FLAT
Buffer Size	2.00 SECONDS	2.00 SECONDS

ANALYSIS SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Signal Analyzed	CHANNEL 1	CHANNEL 2
Analysis Format	SPECTROGRAPHIC	POWER BET. CURSORS
Transform Size	100 pts. (600 Hz)	100 pts. (600 Hz)
Time Axis	50ms (1sec)	3.12ms (62.5ms)
Frequency Axis	FULL SCALE	FULL SCALE
Analysis Window	HAMMING	HAMMING
Averaging Set Up	NO AVERAGING	NO AVERAGING

DISPLAY SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Time Divisions	.05000 Sec.	.003125 Sec.
Freq. Divisions	2000. Hz.	2000. Hz.
Dynamic Range	42 dB	72 dB
Analysis Atten.	20 dB	0 dB
Set Up Options Set	to: #04	

CURSOR READINGS:

FC1: 4080. Hz. , FC2: 8480. Hz. , ^F: 4400. Hz.

FC1: 0dB, FC2: -19dB, ^F: 19dB

^R1: 1.196 Sec. ^R2: 1.487 Sec.

^T: 2906 Sec.

PITCH TC1: Hz TC2: Hz

AMPLITUDE TC1: dB TC2: dB

SUBJECT MATTER

KAY ELEMETRICS CORP. MOOEL 5500
SIGNAL ANALYSIS WORKSTATION

Date: 9 3F 19FF
Analysis by:

Time: 12:7F:56 AM

INPUT SETTINGS	Channel 1	Channel 2
Source	LEFT CONNECTORS	LEFT CONNECTORS
Frequency Range	DC - 16 KHz.	DC - 16 KHz.
Input Shaping	H1-SHAPE	FLAT
Buffer Size	2.00 SECONDS	2.00 SECONDS
ANALYSIS SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Signal Analyzed	CHANNEL 1	CHANNEL 2
Analysis Format	SPECTRDGRAPHIC	POWER BET. CURSORS
Transform Size	100 pts. (600 Hz)	100 pts. (600 Hz)
Time Axis	50ms (1sec)	3.12ms (62.5ms)
Frequency Axis	FULL SCALE	FULL SCALE
Analysis Window	HAMMING	HAMMING
Averaging Set Up	NO AVERAGING	NO AVERAGING
DISPLAY SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Time Divisions	.05000 Sec.	.003125 Sec.
Freq. Divisions	2000. Hz.	2000. Hz.
Dynamic Range	42 dB	72 dB
Analysis Atten.	20 dB	0 dB
Set Up Options Set to:	#04	

CURSOR READINGS:

FC1: 2560. Hz., FC2: 5120. Hz., ^F: 2560. Hz.

FC1: 0dB, FC2: - 6dB, ^F: 6dB

^R1: 1.290 Sec. ^R2: 1.580 Sec.

^T: 2906 Sec.

PITCH TC1: Hz TC2: Hz

AMPLITUDE TC1: dB TC2: dB

SUBJECT MATTER

KAY ELEMETRICS CORP. MOOEL 5500
SIGNAL ANALYSIS WORKSTATION

Date: 9 3F 19FF
Analysis by:

Time: 12:7F:46 AM

INPUT SETTINGS	Channel 1	Channel 2
Source	LEFT CONNECTORS	LEFT CONNECTORS
Frequency Range	0C - 16 KHz.	0C - 16 KHz.
Input Shaping	HI-SHAPE	FLAT
Buffer Size	2.00 SECONDS	2.00 SECONDS
ANALYSIS SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Signal Analyzed	CHANNEL 1	CHANNEL 2
Analysis Format	SPECTROGRAPHIC	POWER BET. CURSORS
Transform Size	200 pts. (300 Hz)	200 pts. (300 Hz)
Time Axis	50ms (1sec)	3.12ms (62.5ms)
Frequency Axis	FULL SCALE	FULL SCALE
Analysis Window	HAMMING	HAMMING
Averaging Set Up	NO AVERAGING	NO AVERAGING
DISPLAY SETTINGS	Lower Screen	Upper Screen
Time Divisions	.05000 Sec.	.003125 Sec.
Freq. Divisions	2000. Hz.	2000. Hz.
Dynamic Range	42 dB	72 dB
Analysis Atten.	20 dB	0 dB
Set Op Options Set to:	#04	

CURSOR READINGS:

FC1: 1280. Hz. , FC2: 2880. Hz. , ^F: 1600. Hz.
 FC1: 0dB, FC2: - 3dB, ^F: 3dB
 ^R1: 1.561 Sec. ^R2: 1.378 Sec.
 ^T: 1828 Sec.
 PITCH TC1: Hz. TC2: Hz.
 AMPLITUDE TC1: dB TC2: dB

SUBJECT MATTER