

LA INFLUENCIA DEL CONTEXTO VOCALICO EN EL ANALISIS ACUSTICO DE [X]

Silvia C. BARREIRO BILBAO
Universidad de León

RESUMEN

El presente estudio pretende dar una descripción acústica del sonido fricativo [x] delante de tres sonidos vocálicos [a], [i] y [u]. El número de informantes fue de dos. El análisis acústico se realizó con un sonógrafo 5500. Se estudió cada muestra del sonido velar en relación con el contexto en el que se producía, así se tomó 100 ms de muestra de cada una de las partes. No se eliminó ninguna zona para que se observaran los efectos coarticulatorios. El análisis nos dejó de manifiesto que la estructura formántica del sonido [x] está en estrecha relación con la del sonido vocálico con el que comparte contexto. Por lo que podemos suponer que el aire, proveniente de los pulmones, tras producir la fricción a la altura del velo del paladar, provocada por el estrechamiento de los órganos, se encuentra con una configuración del tracto vocal en cierto modo similar a la de la vocal que le sigue.

ABSTRACT

In this report we present the results of the acoustic analysis of fricative sounds [x] before three vocalic sounds [a], [i] and [u]. Two male speakers served as subjects for the recording of the material. The stimuli were analysed with the 5500 sonograph. We studied the velar portions in relation to the contexts in which these sounds were produced. No part was eliminated, so the effects of the coarticulation were present. The results of the analysis showed that the formant structure of [x] is closely related to that of the following vowel. According to this fact, we can deduce that the air, coming from the lungs, after causing friction at the velar palate produced by the narrowing of the organs, meets a configuration of the vocal tract similar, in a sense, to the that of the next vowel.

PALABRAS CLAVES

Sonido fricativo y sonido vocálico. La coarticulación. La estructura formántica. La transición.

1. INTRODUCCION

El estudio del sonido consonántico [x] merece una mención especial dentro del grupo de las fricativas. Pocos trabajos se han preocupado de describir de un modo serio y riguroso su estructura formántica. Separemos los del ámbito del español y los de habla inglesa. En el primer grupo cabe mencionar el llevado a cabo por A. Quilis ((1981: 239-241) donde, tras la definición del sonido como vibrante y mate por el tipo de extriaciones que aparecen en el espectro, se habla de la variedad en la altura del comienzo de las frecuencias a consecuencia del diferente contexto, así como de los movimientos de las transiciones de los formantes de las vocales. Siguiendo en el español, aunque no ya en el castellano, es necesario referirse a los trabajos realizados en los Laboratorios de Investigaciones Sensoriales de Buenos Aires (Argentina) (Borzzone and Massone, 1981: 1145-1153) que describen dos de sus variantes posicionales [x] y [ç]. Es interesante resaltar el hecho de que relacionan una de las «bandas de frecuencia» de [x] (no utilizan el término de formante) con los formantes F2 y F3 de las vocales contiguas, con lo que ya recogen en cierta medida el fenómeno de las relaciones entre los sonidos contiguos.

Dentro de los estudiosos de habla inglesa también se han preocupado de dar cierta descripción del sonido fricativo [x], en general sin acotarse a ninguna lengua, como P. Stevens (1960: 132-149) que deja claro la existencia de una estructura cuasi formántica con concentraciones de energía en varias zonas concretas y con unos límites definidos de la expansión de la energía; O el trabajo realizado por W. Jassem (1968: 189-206) en el que ofrece la altura de la frecuencia de los formantes y una relación de las amplitudes de los mismos. Finalmente, C. Shadle (1985) también señala la estructura «formántica» con tres puntos de concentración de energía y con una disminución paulatina de la amplitud a medida que ascendemos en la escala de frecuencias.

Nuestra pretensión no va ser otra que la de ofrecer una descripción acústica de dicho sonido pero en su relación con los tres contextos determinados que hemos elegido con el fin de mostrar la evidente influencia que ejerce sobre el mismo el elemento vocálico adyacente, y, como consecuencia, la dificultad que se presenta a la hora de dar una única descripción a nivel acústico de [x].

2. METODOS

2.1. Informantes

El número de informantes elegido par llevar a cabo el experimento fue de dos. Ambos eran considerados hablantes nativos del castellano (un estudiante de Filología Hispánica y un doctor en Filología Francesa).

2.2. Material

El material estaba formado por sílabas con sonido consonántico más sonido vocálico (CV), es decir, [x] delante de tres vocales [a], [i] y [u] (por ser éstas las que presentan un mayor alejamiento tanto a nivel articulatorio como acústico).

[x] [a]	[x] [i]	[x] [u]
---------	---------	---------

Tabla 1. Estímulos empleados en el experimento

2.3. Procedimiento

Las grabaciones del material se efectuaron en el laboratorio de idiomas II de la facultad de Filosofía y Letras de la Universidad de León. Se grabó a cada informante por separado.

El material se presentó en una ficha a los dos hablantes que, sentados frente al micrófono modelo H M 661 (colocado a una distancia aproximada de una cuarta de su boca), iban leyendo en voz alta los sonidos uno por uno. El micrófono estaba conectado al Revox modelo B 77 M K II, con una velocidad de grabación de 7.5. Cada estímulo se repetía cinco veces consiguiendo así un total de quince. Tras finalizar la grabación de ambos informantes se procedió a una comprobación de la calidad del mismo. Así pues, la cinta quedó lista, para llevar a cabo el experimento, efectuándolo con el sonógrafo de la Kay modelo 5500.

2.4. Análisis acústico

Para llevar a cabo el análisis comparado de las dos partes de las que constituían el estímulo se colocó el cursor en la unión de ambas, y a partir de dicho punto, se delimitó un área de 100 ms para cada una de ellas. Sobre estas bandas se realizó la sección integrada. No se eliminó ninguna zona con lo que se incluyeron los posibles efectos coarticulatorios. El rango de frecuencias se estableció de 0 a 8000 Hz y el filtro de análisis fue el de 300 Hz, si bien en determinados casos se utilizó un filtro de banda estrecha para no englobar bajo uno solo los formantes cercanos.

3. RESULTADOS

3.1. La estructura formántica de [x] y de [a]¹

a) La estructura formántica de [x] (a)

Lo primero que se observa en el espectro es una pequeña concen-

¹ El elemento que aparece entre corchetes [], es el que se está analizando en dicho momento, el que aparece entre paréntesis () indica el contexto bajo el cual se produce el sonido estudiado.

tracción de energía a 120 Hz que se correspondería a la barra de sonoridad de la vocal contigua. Por lo demás los formantes estarían a:

El F1 a 1488 Hz (18)
El F2 a 2000 Hz (28)
El F3 a 3976 Hz (46)
El F4 a 5790 Hz (174)
El F5 a 6360 Hz (86)

Tabla 2. Frecuencias de los formantes de [x] (a)

Al aparecer los formantes bastante bien definidos se aprecian con claridad las zonas que ocupan en el espectro, como queda recogido en la tabla:

El F1 desde 760 Hz (63) a 1768 Hz (72)
El F2 desde 1768 Hz (72) a 3000 Hz (117)
El F3 desde 3000 Hz (117) a 4496 Hz (73)
El F4 desde 4496 Hz (73) a 7720 Hz (383)

Tabla 3. Zonas que abarcan los formantes de [x] (a)

La intensidad con la que se muestran los formantes no es la misma debido a la diferencia de amplitudes entre ellos. Estos muestran un descenso escalonado a medida que ascendemos en la escala de frecuencias.

El F1 con -35 dB (2)
El F2 con -36 dB (2)
El F3 con -43 dB (1)
El F4 con -40 dB (1)
El F5 con -40 dB (1)

Tabla 4. Amplitudes de los formantes de [x](a)

b) La estructura formántica de (x) [a]

Al tratarse de un sonido vocálico ofrece una estructura formántica propia de sonidos periódicos. Aparece la barra de sonoridad a 120 Hz, y unos formantes perfectamente definidos en unas frecuencias concretas:

El F1 a 672 Hz (33)
El F2 a 1264 Hz (36)
El F3 a 2160 Hz (40)
El F4 a 3904 Hz (22)
El F5 a 5440 Hz (63)

Tabla 5. Frecuencias de los formantes de (x) [a]

Las zonas que comprenden dichos formantes en el espectro serían:

El F1 desde 904 Hz (36) a 1824 Hz (22)
El F2 desde 1824 Hz a 2904 Hz (171)
El F3 desde 3080 Hz (80) a 4792 Hz (59)
El F4 desde 4792 Hz a 6088 Hz (151)
El F5 desde 6088 Hz a 7307 Hz (372)

Tabla 6. Zonas que ocupan los formantes de (x) [a]

En lo que se refiere a la amplitud de los formantes, es evidente el descenso progresivo hacia las zonas altas. El F2 es el más intenso, seguido del F1. No obstante la barra de sonoridad es también muy intensa con -22 dB (1):

El F1 con -22 dB (3)
El F2 con -19 dB (2)
El F3 con -30 dB (2)
El F4 con -35 dB (3)
El F5 con -43 dB (3)

Tabla 7. Amplitudes de los formantes de (x) [a]

3.2. La estructura formántica de [x] y de [i]

a) La estructura formántica de [x] (i)

Nuevamente encontramos en una zona cercana a la de la vocal la presencia de energía, correspondiéndose con la barra de sonoridad vocálica, así como cierta acumulación de la misma a la altura del F1 de [i]. La zona alta, en torno a 6000 Hz, presenta una dispersión de energía bastante grande por lo que los dos formantes que se observan no están muy diferenciados. En suma las frecuencias de los formantes serían las siguientes:

El F1 a 480 Hz (18)
El F2 a 2416 Hz (83)
El F3 a 3544 Hz (11)
El F4 a 4590 Hz (180)
El F5 a 5512 Hz (180)
El F6 a 6240 Hz (126)
El F7 a 6760 Hz (130)

Tabla 8. Frecuencias de los formantes de [x] (i)

Las zonas que ocupan los formantes en el espectro son:

El F1 desde 1360 Hz (102) a 3120 Hz (157)
El F2 desde 3120 Hz (157) a 4248 Hz (77)
El F3 desde 4248 Hz (77) a 4960 Hz (57)
El F4 desde 4960 Hz (57) a 5800 Hz (219)
El F5 desde 5800 Hz (219) a 7688 Hz (118)

Tabla 9. Zonas que abarcan los formantes de [x] (i)

En cuanto a la amplitud de los formantes la máxima concentración de energía se manifiesta en el F2, seguida del F1 y del F3, posteriormente se produce un descenso en la zona media para aumentar un poco en la zona alta.

El F1 con -39 dB (1)
El F2 con -33 dB (2)
El F3 con -39 dB (3)
El F4 con -44 dB (3)
El F5 con -42 dB (2)
El F6 con -41 dB (1)
El F7 con -40 dB (2)

Tabla 10. Amplitudes de los formantes de [x] (i)

b) La estructura formántica de (x) [i]

Se hace visible la barra de sonoridad a una frecuencia de 120 Hz. De nuevo los formantes aparecen con claridad a las frecuencias correspondientes. Hay que señalar que los que consideramos F5 y F7 aparecen

sólamente en tres ocasiones, pero los incluimos para que se aprecie la relación del sonido vocálico y el consonántico. Por otra parte, hay que tener presente que para conseguir el F2 y el F3 se utilizó un filtro de banda estrecha (de 150 Hz) que nos permitió obtenerlos sin que aparecieran bajo la apariencia de un mismo formante:

El F1 a 312 Hz (77)
El F2 a 2144 Hz (22)
El F3 a 2720 Hz (126)
El F4 a 3824 Hz (78)
El F5 a 4360 Hz (0)
El F6 a 5304 Hz (73)
El F7 a 6064 Hz (122)
El F8 a 7160 Hz (57)

Tabla 11. Frecuencias de los formantes de (x) [i]

Las zonas que circundan estos formantes son:

El F1 desde	240 Hz (17) a 820 Hz (52)
El F2 desde	1496 Hz (36) a 2432 Hz (59)
El F3 desde	2432 Hz (59) a 3168 Hz (33)
El F4 y El F5 desde	3168 Hz (33) a 4792 Hz (77)
El F6 desde	4792 Hz (77) a 5608 Hz (121)
El F7 desde	5608 Hz (121) a 6740 Hz (137)
El F8 desde	6740 Hz (137) a 7520 Hz (80)

Tabla 12. Zonas que abarcan los formantes de (x) [i]

En este caso es la barra de sonoridad la que posee la mayor amplitud con -20 dB (3). La energía se aglutina especialmente en la zona baja, hasta el F4 aproximadamente, para descender en los formantes altos:

El F1 con	-27 dB (3)
El F2 con	-34 dB (1)
El F3 con	-38 dB (2)
El F4 con	-37 dB (2)
El F5 con	-41 dB (0)
El F6 con	-48 dB (2)
El F7 con	-47 dB (2)
El F8 con	-55 dB (1)

Tabla 13. Amplitudes de los formantes de (x) [i]

3.3. La estructura formántica de [x] y de [u]

a) La estructura formántica de [x] (u)

La presencia de energía a 120 Hz hace pensar que también en este caso se ha producido una influencia de la vocal adyacente como consecuencia lógica de la barra de sonoridad. Considerando los formantes en conjunto, el que denominamos F2 sólo se hace visible en dos ocasiones, y con poca intensidad. Por lo demás los formantes están a las siguientes frecuencias.

El F1 a 544 Hz (92)
El F2 a 2300 Hz (28)
El F3 a 3736 Hz (73)
El F4 a 5504 Hz (108)
El F5 a 6840 Hz (63)

Tabla 14. Frecuencia de los formantes de [x] (u)

La estructura casi formántica que venimos observando nos permite considerar que los formantes presentan zonas bien marcadas, y así se manifiesta en la tabla:

El F1 desde 350 Hz (38) a 1528 Hz (77)
El F2 desde 1528 Hz (77) a 2540 Hz (28)
El F3 desde 3136 Hz (234) a 4768 Hz (107)
El F4 desde 4768 Hz (107) a 5984 Hz (215)
El F5 desde 5984 Hz (215) a 7640 Hz (80)

Tabla 15. Zonas que ocupan los formantes de [x] (u)

En cuanto a la amplitud se refiere, el formante más intenso es el F1, seguido de un descenso muy pronunciado en el F2, para aumentar en intensidad en la zona alta:

El F1 con -40 dB (2)
El F2 con -60 dB (0)
El F3 con -50 dB (3)
El F4 con -45 dB (1)
El F5 con -43 dB (2)

Tabla 16. Amplitudes de los formantes de [x] (u)

b) La estructura formántica de (x) [u]

Es clara la presencia de la barra de sonoridad a 120 Hz. Con un filtro de 150 Hz obtuvimos los dos primeros formantes sin englobarse bajo uno solo. Por otra parte, hay que mencionar el hecho de que el que llamamos F3 no aparece en todos los casos. Así pues, las frecuencias de los formantes sería:

El F1 a 336 Hz (36)
El F2 a 720 Hz (28)
El F3 a 2250 Hz (20)
El F4 a 3584 Hz (67)
El F5 a 5668 Hz (44)
El F6 a 6816 Hz (22)

Tabla 17. Frecuencias de los formantes de (x) [u]

Bien diferenciadas se observan las zonas que ocupan los formantes que se recogen en la tabla:

El F1 desde 230 Hz (56) a 584 Hz (36)
El F2 desde 584 Hz (36) a 1104 Hz (131)
El F3 desde 1970 Hz (60) a 2580 Hz (40)
El F4 desde 3272 Hz (125) a 4096 Hz (122)
El F5 desde 5176 Hz (96) a 6016 Hz (100)
El F6 desde 6464 Hz (92) a 7248 Hz (111)

Tabla 18. Zonas que abarcan los formantes de (x) [u]

En lo que se refiere a las amplitudes de los formantes de la vocal hay que decir que la máxima intensidad se condensa en la barra de sonoridad con -18 dB (1), y en el F1, los demás suponen un descenso pronunciado:

El F1 con -14 dB (2)
El F2 con -31 dB (1)
El F3 con -55 dB (50)
El F4 con -50 dB (2)
El F5 con -54 dB (1)
El F6 con -51 dB (39)

Tabla 19. Amplitudes de los formantes de (x) [u]

4. CONCLUSIONES

4.1. La estructura formántica de [x] frente a [a]

Si observamos las dos partes en conjunto, es evidente que las frecuencias a las que aparecen los formantes de [x] están en zonas muy próximas a las de la vocal. Así, aparte de apreciarse energía de la barra de sonoridad, vemos que el F1 de la [x] se continúa con el F2 de la vocal, habiendo una transición positiva de unos 200 Hz aprox.. El F2 de [x] se correspondería con el F3 de la vocal, produciéndose, en este caso, una transición negativa del formante en unos 150 Hz. En cuanto al F3 de [x] está relacionado con el F4 de [a], prácticamente en la misma frecuencia. Finalmente, en la zona que se halla por encima de los 5500 Hz aparecen concentraciones de energía en el sonido consonántico que bien pueden conectarse con el F5 de la vocal. Esta vinculación también se observa entre las zonas que ocupan los formantes en el espectro de un sonido y otro. Y en cuanto a la intensidad, las diferencias entre los formantes de [x], cercanos al F2 y F3 de la vocal, ofrecen la mayor acumulación de energía. Ahora bien, mientras que en la vocal hay un descenso gradual a medida que progresamos en la escala de frecuencias, la intensidad en el caso del sonido consonántico, se mantiene con la misma amplitud a -40 dBs.

4.2. La estructura formántica de [x] frente a [i]

La relación estrecha que se producía entre [x] y [a] de nuevo se manifiesta en el contexto de [i]. Aparte de la presencia de cierta energía correlativa a la barra de sonoridad, apreciamos una pequeña concentración de la misma a la altura del F1 de la vocal, aunque en una zona más alta (100 Hz más) lo que provoca una transición positiva del formante; El F2 de [x], por su parte, se encuentra a medio camino del F2 y del F3 de [i] (ahora bien hay que tener presente que en la vocal se usó un filtro más estrecho). El F3 de [x] se continúa con el F4 de la vocal, con una transición negativa de 300 Hz. En tanto que los demás formantes de [x], aparecen en zonas 200 Hz más altas. Ocurre el mismo fenómeno de vinculación en lo que se refiere a las zonas que abarcan los formantes. Y en cuanto a la amplitud, en ambos casos, la mayor intensidad se produce en las zonas bajas del espectro, aunque en [x] se produce un descenso para ir aumentando en las zonas altas y en [i] hay una disminución paulatina que, en ningún momento, se transforma en ascenso.

4.3. La estructura formántica de [x] frente a [u]

En este tercer y último contexto nuevamente nos encontramos con que las frecuencias a las que aparecen los formantes del sonido consonántico están íntimamente relacionadas con las de la vocal contigua. Aparece en [x] indicios de la barra de sonoridad y de un primer formante que se bifurca

en dos en la vocal (no olvidemos que en el caso de la vocal se utilizó un filtro menor). El F2 de [x] desciende ligeramente al unirse a la vocal. El F3 también presenta una transición positiva, unos 200 Hz, no ocurriendo lo mismo con el F4, que es negativa. El F5 no exhibe movimiento sino una mera prolongación. Las zonas que abarcan los formantes de ambas partes son también prácticamente idénticas. Y en lo que se refiere a las amplitudes de los formantes, se da el mismo patrón que en el resto de los casos de los otros contextos vocálicos, la intensidad de la [x] se aglutina en la zona baja desciende en la media y asciende ligeramente en la alta. Por lo contrario, en la vocal la intensidad se manifiesta en los dos primeros formantes para luego descender paulatinamente.

5. COMENTARIO FINAL

Tras el experimento llevado a cabo en el presente trabajo parece quedar claro que la estructura formántica de [x] viene íntimamente ligada a la del contexto vocálico en el que se emite dicho sonido. A pesar del diferente modo de producción de los sonidos en cuestión, sonido vocálico frente a fricativo, parece claro que la disposición del canal bucofaríngeo se prepara en cierto modo para la producción de la vocal, cuando realiza ya el sonido velar [x]. Los datos que aducimos corroboran este hecho como lo demuestra tanto las conexiones entre las alturas de las frecuencias de los formantes, entre las zonas que ocupan y entre la carga de intensidades de los formantes. Finalmente hay que resaltar un hecho significativo como es el de la presencia de energía en el espectro de [x] en la zona de la barra de sonoridad, no ocupando toda la extensión del sonido consonántico pero sí en parte, lo que demuestra que las cuerdas vocales comienzan a vibrar antes de que se inicie el sonido vocálico. No queremos terminar el presente trabajo sin dejar claro la necesidad de ahondar más en la descripción acústica de [x], por lo que esperamos ofrecer posteriores estudios.

BIBLIOGRAFIA

ALVAREZ GONZALEZ, J.A. (1980): *Vocalismo español y vocalismo inglés*. Madrid: Universidad Complutense.

BORZONE DE MANRIQUE, A. M. y MASSONE, M. I. (1981): «Acoustic analysis and perception of Spanish fricative consonants», *J.A.S.A.*, 69, 1981, pp. 1145-1153.

DANILOFF, R. G. y MOLL, K. (1968): «Coarticulation of lip rounding», *Journal of Speech Research*, 11, pp. 707-721.

DANILOFF R. G. y HAMMARGERG R. E. (1973): «On defining coarticulation», *Journal of Phonetics*, 1, pp. 239-248.

FRY, D. B. (ed) (1976): *Acoustic Theory of Speech Production*. La Haya: Mouton.

JASSEM, W. (1968): «Acoustical Description of voiceless fricatives in terms of spectral parameters», *Speech Analysis and Synthesis*, 1, pp. 189-206.

QUILIS, A.-(1981): *Fonética Acústica de la lengua española*. Madrid: Gredos, Biblioteca Románica Hispánica. pp. 239-241.

SHADLE, C. (1985): «The Acoustics of Fricative consonants», *RLE Tech. Report 506*, Cambridge M A: MIT.

STREVENS, P. (1960): «Spectra of Fricative Noise in Human Speech», D. B. Fry (ed), pp. 132-149.