

Análisis espectral de las consonantes nasales españolas

Marisol García¹

Manuel Rodríguez²

Universidad de Los Andes :

¹*NURR-ULA*

²*Departamento de Electrónica y Comunicaciones*

Resumen.

En esta investigación hemos aplicado la propuesta de Stevens y Blumstein (1979) y la de Kurowski y Blumstein (1987), para la determinación del lugar de articulación de las consonantes nasales inglesas, a las consonantes nasales españolas. Nuestra muestra estuvo compuesta por 6 informantes, a quienes se les pidió que leyeran 15 oraciones en las que aparecían las combinación (VC = cons. nasal V). A partir del punto de explosión de la consonante nasal se extrajo el espectro LPC. Posteriormente se compararon los tipos de espectros LPC con la tipología propuesta por Stevens y Blumstein (1979) y se observó que no se puede establecer la misma tipología con las nasales españolas; en relación con la propuesta de Kurowski y Blumstein (1987) obtuvimos que los cambios de energía registrados no permiten distinguir una nasal bilabial y de una alveolar.

Abstract.

In this investigation, we have applied the methods used for English nasal consonants by Stevens and Blumstein (1979), and by Kurowski and Blumstein (1987), to determine the place of articulation of Spanish nasal consonants. Six speakers each recited 15 sentences which contained nasal consonants in the context of vowels (VCV). The LPC spectrums of the transition were obtained. These were compared with the patterns for classification proposed by Stevens and Blumstein (1979) for labial and alveolar nasals. However we were not able to confirm the appropriateness of these patterns for this case. As an alternative, we also applied

Kurowski and Blumstein's (1987) proposal for distinguishing nasals based on energy relationships in two frequency ranges of the LPC spectrums before and after the transition, but again our results do not concur with theirs.

1. Introducción.

The perceptual impression of nasal sounds is somehow substantially different from that of other speech sounds.

Fujimura

Las consonantes nasales por su importancia en el esquema sonoro, como lo afirma Jakobson, (1987), han sido y siguen siendo objeto de profundo análisis. Los estudios acústico-perceptuales sobre estas consonantes han estado dirigidos a resolver la cuestión de la distinción del lugar de articulación a partir de elementos acústicos invariables.

Las investigaciones han estado centradas en el predominio del murmullo nasal y/o en las transiciones formánticas como señales perceptuales para la distinción del lugar de articulación de estas consonantes. En un comienzo, las investigaciones siguieron, básicamente, dos direcciones: a) **hacia el rol del murmullo** (Pickett, 1965; Delattre, 1968; Mermelstein, 1977; Larkey et al., 1978) y b) **hacia el papel de las transiciones** (Cooper et al., 1952; Libermann et al., 1954; Miller y Eimas, 1977; Larkey et al., 1978). En el primer grupo mencionado, las investigaciones concluyeron que la influencia del murmullo en la distinción del lugar de articulación era relativamente pequeña y que su importancia residía en ser indicador de modo de articulación. En el segundo grupo de investigaciones, los resultados indicaron que la transición formántica es el indicador del lugar de articulación de estas consonantes.

Por otro lado, las investigaciones perceptuales de Malécot, 1956; Recasens, 1983 y Kurowski y Blumstein, 1984 han propuesto la unión de ambos elementos, es decir murmullo y transiciones, como elementos determinantes para la distinción de las nasales. Las investigaciones de Malécot y Recasens han mostrado que las transiciones son las que tienen mayor peso en la identificación perceptual, pero que el murmullo posee una pequeña cantidad de información del lugar de articulación.

Kurowski y Blumstein (1984: 384-389), diferenciándose de los investigadores anteriores, afirman que los análisis acústicos de los murmullos nasales realizados por House (1957), Fant (1960) y Fujimura (1962) han demostrado que hay diferencias acústicas sistemáticas en el murmullo que dependen del

lugar de articulación. En los resultados de su investigación, Kurowski y Blumstein (1984) comprobaron que el murmullo nasal contiene tanta información como las transiciones para la percepción del lugar de articulación. Otra de sus conclusiones es que el murmullo y las transiciones están integrados de manera tal que forman una propiedad acústica invariable de la que se pueden derivar patrones acústicos inherentes al lugar de articulación. Esta conclusión está anclada en una investigación acústica anterior de Blumstein y Stevens (1979), en la que proponen que las propiedades acústicas invariables intrínsecas al lugar de articulación, independientes del contexto vocálico, se revelan en el espectro LPC del murmullo nasal. Utilizando el espectro LPC tomado en el momento de la soltura (*release*) de las oclusivas, orales y nasales del inglés en combinaciones silábicas CV, los investigadores dedujeron de los espectros observados que era posible distinguir el lugar de articulación de las nasales a partir del espectro LPC que generan. Por ello proponen una tipología de espectros que se adecuan a los lugares de articulación bilabial, alveolar y velar de las nasales inglesas (véase Fig. N° 1).

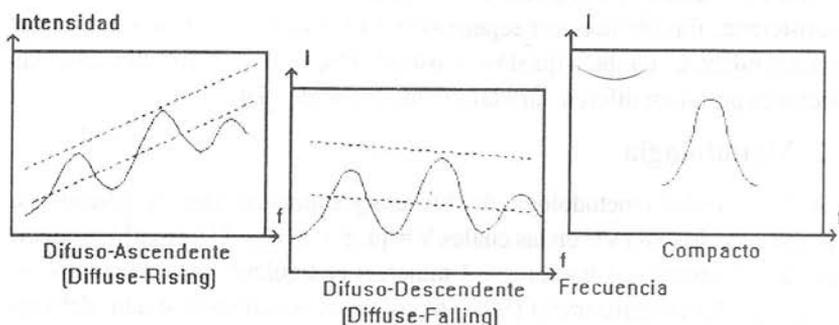


Fig. N° 1: Esquematización de los tipos de espectro según el lugar de articulación: difuso-ascendente (*diffuse-rising*) para los sonidos alveolares; difuso-descendente (*diffuse-falling*) para los sonidos labiales y compacto (*compact*) para los sonidos velares (Blumstein y Stevens, 1979: 1005).

La conclusión de esta importante investigación es que el análisis acústico realizado prueba la existencia de propiedades acústicas intrínsecas al lugar de articulación. El hecho de que la señal acústica del murmullo pueda ser analizada independientemente del contexto vocálico supone, para estos investigadores, la existencia de un sistema auditivo dotado con detectores sensibles a los tipos de espectros (Blumstein y Stevens, 1979:1001). Como puede apreciarse, en esta investigación se retoma la importancia del murmullo como elemento clave en la percepción de la nasal.

Kurowski y Blumstein (1987) plantean otra forma de determinar la distinción acústica de las consonantes nasales basada en el cero asociado a las consonantes nasales, por el efecto de la cavidad cerrada paralela creada en la boca cuando sale la energía acústica por las fosas nasales, creándose un antifonante que para la [m] se ubica alrededor de 800 Hz y para la alveolar [n] alrededor de 1500-2000 Hz. La técnica, por lo tanto, consiste en realizar una medida de la energía en dos rangos de frecuencia : uno bajo, cercano al cero de la [m], y otro alto, alrededor del cero de la [n]. Se espera, que debido al cero, la energía de la zona frecuencial baja será disminuida en relación con el resto del espectro mientras que para la [n] se espera que sea la energía de la zona frecuencial alta la que disminuya. Debido a la dificultad en apreciar la presencia o no del cero, la técnica se fortalece al comparar el espectro de un segmento nasal con un segmento vocálico.

Hemos querido en esta investigación aplicar la metodología utilizada por Stevens y Blumstein (1979) y la empleada por Kurowski y Blumstein (1987) al análisis acústico de las consonantes nasales españolas, ya que en un trabajo acústico anterior (García y Rodríguez, 1994), demostramos que ni el murmullo ni las transiciones formánticas por separado permiten distinguir la nasal alveolar de la nasal bilabial; también quedó demostrado que tanto el murmullo como las transiciones permiten diferenciar claramente la nasal palatal.

2. Metodología

A) Utilizando la metodología de Stevens y Blumstein (1979) aplicamos a una muestra de sílabas (VC en las cuales V = [a, e, i, o, u] y C = [m,n]) producidas por 6 informantes (3 hombres y 3 mujeres) el siguiente procedimiento:

A partir del espectrograma (SPG) se colocó el cursor en el inicio del segmento nasal (VC). La clave para determinar el inicio del elemento nasal fue la disminución en el espectro de la intensidad vocálica. Posteriormente el programa CSL generó un espectro LPC, a partir del cual se hicieron observaciones tendientes a establecer la tipología de espectros. Además, tomamos muestras del espectro LPC de la mitad del murmullo nasal y de ellas también realizamos observaciones.

B) Empleando la metodología de Kurowski y Blumstein (1987) trabajamos con tres informantes quienes leyeron un total de 10 frases cada uno, en las que aparecía la combinación silábica CV, siendo C una de las consonantes nasales [m n] y V una de las cinco vocales [a, e, i, o, u]. Los ejemplares silábicos se digitalizaron en el CSL a una tasa de 10 Khz. con una cuantificación de 12 bits.

En cada caso se ubicó la frontera consonante-vocal por medios visuales en

el CSL, respaldado por audición, utilizando el oscilograma de la señal y el espectrograma. En el oscilograma, por lo general, la onda de la consonante es más suave, es decir, tiene menos componentes de alta frecuencia que la de la vocal, además de que en el espectrograma de las consonantes nasales es notable la debilidad más allá del primer formante. De esta frontera se apartaron dos segmentos, uno, el consonántico formado por dos pulsos glotales anterior a la frontera, y el otro, el vocálico, formado por dos ciclos glotales posterior a la frontera.

Para cada segmento (CV) se realizó el siguiente procesamiento:

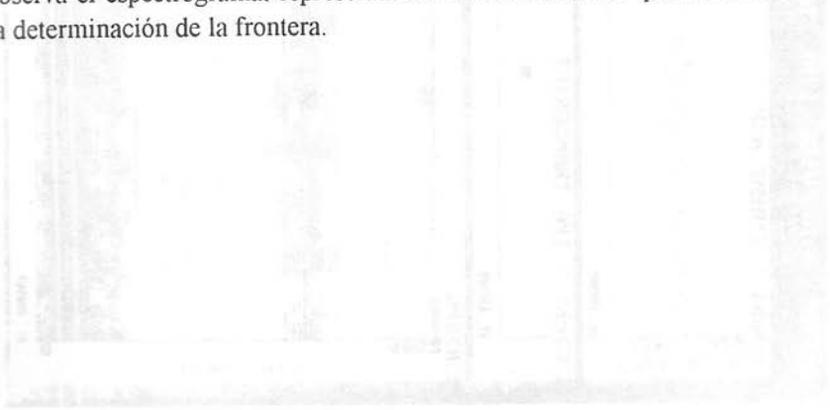
1) Se pasó el segmento consonántico por un filtro pasa-banda que solo deja pasar el rango de las frecuencias bajas 400-770 Hz. y se obtuvo la energía de este segmento en decibelios. Este resultado fue llamado A.

2) Se pasó el mismo segmento por un filtro pasa-banda de las frecuencias superiores que solo deja pasar el rango de 1250-2310 Hz. y se obtuvo la energía en decibelios. Este resultado fue llamado B.

3) Se pasó el segmento vocálico por el filtro de frecuencias bajas, y se obtuvo la energía C.

4) Se pasó el segmento vocálico por el filtro de frecuencias altas, y se obtuvo la energía D.

En la Fig. Nº 2 se muestra el oscilograma de la frontera CV y se indican los segmentos consonántico (SC) y vocálico (SV) que se utilizaron. También se observa el espectrograma, representación de los formantes que nos orientó en la determinación de la frontera.



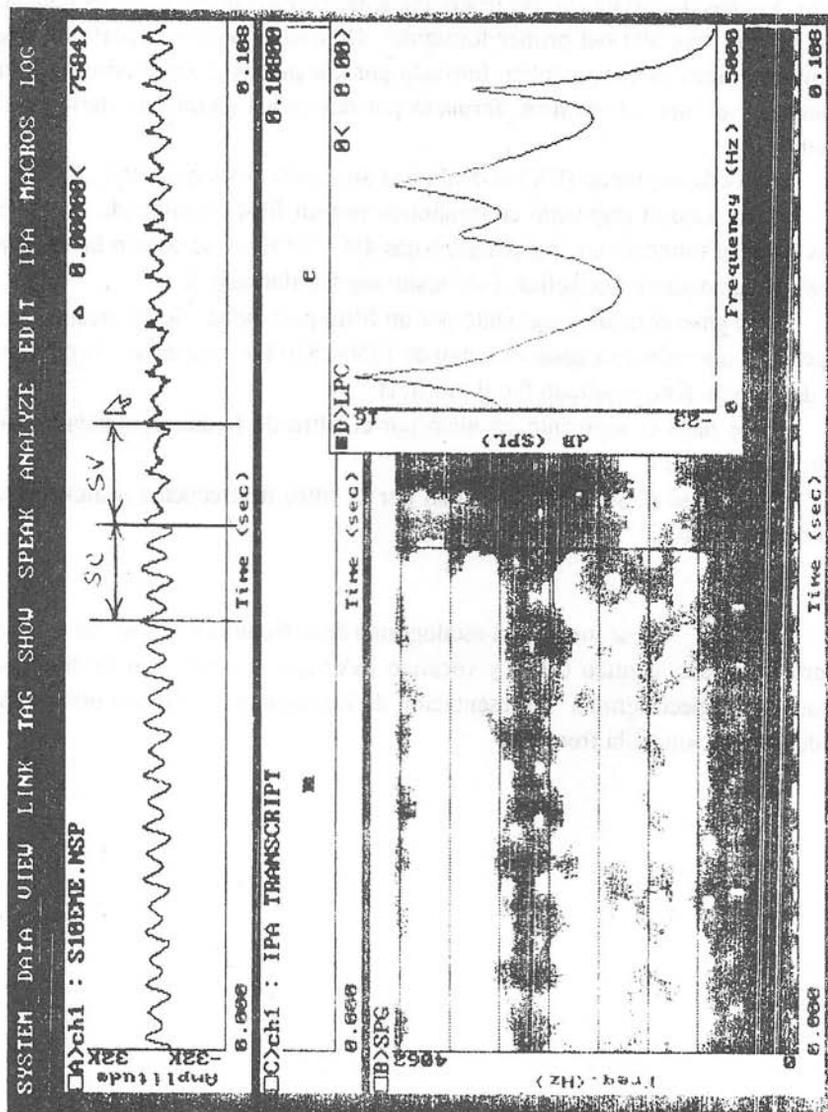


Fig. N° 2: Oscilograma y espectrograma de la consonante nasal bilabial [em].

En la Fig. N° 3 se muestran los espectros estilizados (artificiales) que se esperan obtener para las consonantes [m] y [n], y la representación de los valores de intensidad A = rango bajo del SC ; B = rango alto del SC ; C = rango bajo del SV y D = rango alto del SV.

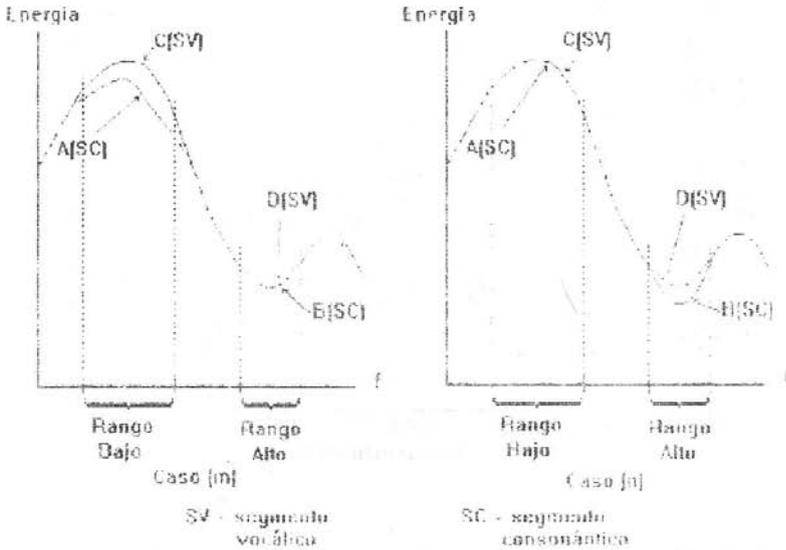


Fig. N° 3: Espectros artificiales en los que se muestra el cálculo de la energía.

Todos los valores se normalizaron al determinar la energía con respecto al segmento sin filtrar.

En la formulación de Kurowski y Blumstein (1987), se calcula el cociente $C - A$ que para la $D - B$ [m] debe ser mayor que 1, y para la [n] debe ser menor que 1.

3. Resultados e interpretación.

A) De la aplicación de la propuesta de Stevens y Blumstein (1979) obtuvimos, a partir de los espectros LPC tomados en el inicio del segmento nasal, que para ambas consonantes [m] [n] el espectro es descendente como se observa en el gráfico N° 1 (la misma tendencia se observó en los espectros tomadas en la mitad del segmento nasal). Estos datos son distintos a los reportados por los investigadores antes mencionados, quienes para la nasal bilabial obtuvieron un espectro descendente y para la nasal alveolar un espectro ascendente.

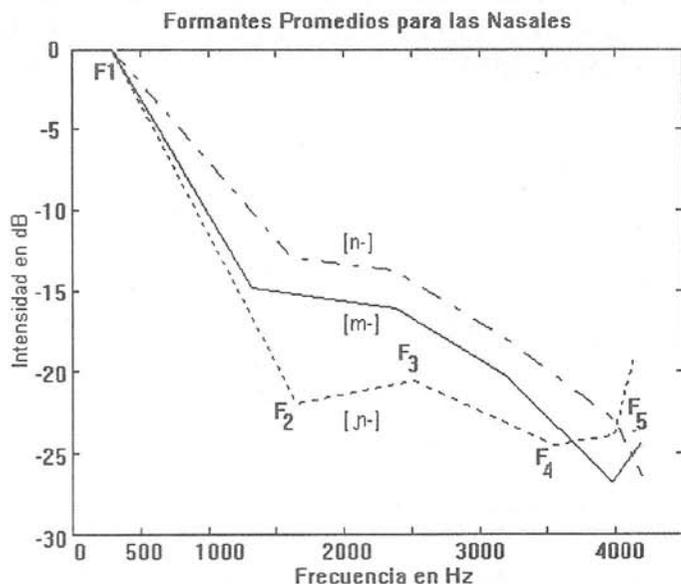


Gráfico N° 1: Esquematación del espectro LPC tomado en el inicio del segmento nasal.

B) De la aplicación de la propuesta de Kurowski y Blumstein (1984) obtuvimos los valores sobre cambios de energía que se resumen en la gráfico N° 2, en el que se muestra el cociente del cambio de energía a frecuencias bajas relativo a frecuencias altas. La abscisa representa la proporción de cambio del murmullo a la soltura en el rango de frecuencias bajas, mientras que la ordenada representa la proporción de cambio del murmullo a la soltura en el rango de frecuencias altas. Una proporción de 1 representada por la línea diagonal, indica 0 cambio. Las figuras rellenas representan consonantes alveolares, las figuras no rellenas representan consonantes labiales.

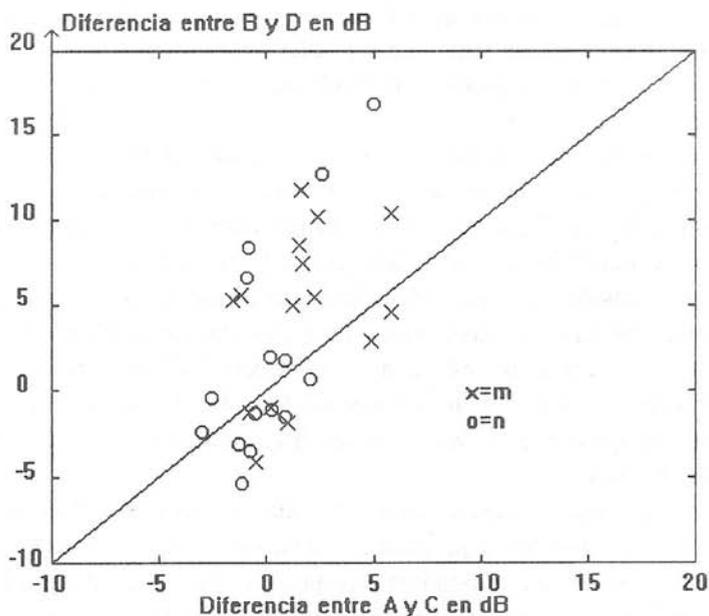


Gráfico N° 2: Cambios del cociente de energía.

A diferencia de lo que obtuvo Kurowski y Blumstein (1987), no se aprecia una clasificación clara entre las consonantes nasales labiales y alveolares. Nosotros teníamos muestras para 6 informantes, pero debido a que la exploración con tres informantes mostró que la aplicación de la técnica no era válida no continuamos con el análisis.

En el trabajo de Kurowski y Blumstein (1987), partiendo de una clasificación que divide este plano en dos: por arriba de la línea $x = y$ y para la [n] y por debajo para la [m], se obtuvo un porcentaje de acertado del 89 %. En nuestra experiencia, utilizando el mismo criterio, el porcentaje de acertado es de 46 %, algo menor de la se obtendría en forma aleatoria. Revisando un tercer informante obtuvimos un 70% de acertado, pero este resultado sigue siendo insuficiente para aceptar la metodología utilizada.

4. Conclusiones

A) En relación con la propuesta de Stevens y Blumstein (1979), concluimos que los espectros obtenidos, para ambas nasales, muestran una tendencia descendente, por lo que no es posible distinguir las consonantes españolas por el tipo de espectro.

B) En relación con la propuesta de Kurowski y Blumstein (1987), consideramos que no es posible, a partir de ella, establecer distinciones entre las nasales españolas por lo que seguimos con la incapacidad de hallar propiedades espectrales invariables que permitan distinguir la [m] de la [n].

Nosotros consideramos que la dificultad para distinguir claramente, a partir de propiedades acústicas, las consonantes nasales bilabial y alveolar se debe en parte a la herramienta utilizada, es decir, el espectro LPC que, como se sabe, representa un modelo tipo *todo polo*, y que por lo tanto, es deficiente para mostrar fenómenos tipo *anti-formantes*, que son los importantes en el caso de las consonantes nasales.

Por lo tanto, nuestros esfuerzos se encaminarán hacia la construcción y aplicación de una herramienta que permita visualizar los ceros con mayor precisión y, hacia el desarrollo de estudios perceptuales, que nos permitan indagar sobre cuál es la combinación de elementos acústicos que le permiten a un hablante oyente del español distinguir una nasal bilabial de una nasal alveolar.

Referencias bibliográficas.

- Blumstein, S. y Stevens, K. 1979. Acoustic invariance in speech characteristics of stop consonants. *J. Acoustic Soc. Am.* (66), p. 1001-1017.
- Cooper et al 1952. Some experiments on the perception os synthetic speech sounds. *J. Acoustic Soc. Am.* (24).
- Fujimura, O 1962. Analysis of nasal consonants. *J. Acoustic. Soc. Am.* (34), p. 1865-1875.
- House, A. 1957. Analog studies of nasal consonants, *J. Speech Hear. Disord.*, (22), p.190-205.
- Jakobson, R y Waugh, L. 1987. *La forma sonora de la lengua*. FCE, México.
- Kurowski, K. y Blumstein, S (1984). Perceptual integration of the murmur and format transitions for place of articulation in nasal consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* (76) N° 2, p. 383-390.
- Kurowski, K. y Blumstein, S. 1987. Acoustic properties for place of articulation in nasal consonants. *J. Acoust. Soc. Am.* (6) N° 81, june, p.1917-1927.
- Mermelstein, P. 1977. On detecting nasals in continuos speech. *J. Acoust. Soc. Am.* (61), p. 581-587.
- Miller, J. 1977. Studies on the perception of place and manner of articulation: A comparison of the labio-alveolar an nasal-stop distinctions. *J. Acoust. Soc. Am.* (61), p. 835-845.
- Recasens, D. et al. 1983. An electropalatographic of alveolar and palatal consonantes in catalan and italian. *Language and speech.* (36), N° 2 y 3, p. 213-234