

**LA INVARIACIÓN ACÚSTICA
EN LAS NASALES DEL CASTELLANO.
ESTUDIO PERCEPTIVO.**

LIDIA SALA Y ANA M^a FERNÁNDEZ PLANAS
*Laboratori de Fonètica, Facultat de Filologia
Universitat de Barcelona*

RESUMEN

El objetivo de este estudio consiste en analizar el papel que desempeñan el murmullo y las transiciones vocálicas en la percepción de las consonantes nasales castellanas a partir de secuencias de habla natural. Los estímulos incluidos en el test de percepción representan diferentes ventanas (cinco en total) de distinta duración y composición a partir de la determinación del punto de discontinuidad de onda en el oscilograma entre la consonante y la vocal que integran cada secuencia. También se ha estudiado la percepción del timbre vocálico en cada uno de los estímulos del test. Dado el carácter especial de la nasal palatal, en los resultados obtenidos hemos realizado un segundo experimento para intentar determinar si [ɲ] parece comportarse como un segmento simple o como un segmento complejo. En suma, la condición mixta, salvo en la nasal palatal, es la que proporciona mejores resultados, con lo cual podemos pensar que los índices invariantes hay que buscarlos probablemente en el seno de la sílaba antes que en los elementos aislados.

ABSTRACT

The goal of this paper was to assess the role of the nasal murmur and vowel transitions as perceptual cues in Spanish, having natural speech sequences as basis. The stimuli used for the perception test had different durations. This was done using a window-analysis method at the exact point of discontinuity between the nasal murmur and the transitions corresponding to the following vowel. We have also explored vowel perception across the different stimuli included in the test. Given the special features of [ɲ], we carried out a second experiment to try to determine whether the palatal nasal behaved as a single segment or as a complex segment. The results showed us that, except for [ɲ], both, the nasal murmur and vowel transitions working together within the syllable, provide us with more reliable invariant cues than in the cases when these two parameters work in isolation.

1. INTRODUCCIÓN

Tradicionalmente se ha considerado el murmullo como índice del modo de articulación, es decir, que la nasalización que se produce durante la oclusión se traduce en un formante nasal (Jakobson y Waugh, 1979; Delattre, 1968) y que el punto de articulación se identifica gracias a las transiciones, es decir, que las transiciones contribuyen a diferenciar unas nasales de otras (Martínez Celdrán, 1984; Cooper et alii, 1952).

Algunos estudios (Malécot, 1956; Recasens, 1983) han tenido en cuenta ambos aspectos. Los dos autores han llegado a la misma conclusión: el papel del murmullo como índice del punto de articulación, aunque no es nulo, es pequeño en comparación con la transición vocálica.

Kurowski y Blumstein (1984), partiendo de estudios que trataban las distinciones acústicas entre los murmullos según su punto de articulación se plantean la posibilidad de que éstos también puedan proveer información suficiente para distinguir el punto de articulación. En su trabajo, en el que analizan las consonantes [m] y [n], llegan a la siguiente conclusión: *the murmur provided as much information of place of articulation as did the transition.*

Tomamos su artículo como punto de partida para investigar la percepción de las nasales en castellano. Como quiera que para el castellano en principio de palabra y en posición intervocálica además de [m] y [n] es posible también [ɲ], vamos a incluir esta última consonante en nuestro estudio. Por tanto, el objetivo de este trabajo es analizar el papel que desempeñan el murmullo y las transiciones vocálicas en la percepción de las consonantes nasales del castellano.

2. EXPERIMENTO 1

Se pretende comparar el comportamiento del murmullo y la transición en las tres consonantes nasales estudiadas.

2.1. Método

Los estímulos utilizados en el experimento provienen del habla natural. Se trata de una nasal [m, n, ɲ] seguida de una vocal [i, e, a, o,

u], secuencias producidas de forma aislada por un único hablante nativo. Se partió pues de un total de 15 sílabas CV.

Los estímulos fueron transferidos para su análisis a un sonógrafo KAY 5500 DSP. Primero se analizó acústicamente cada una de las sílabas (ver tabla 1).

Tabla 1. Análisis acústico

[m]	Dura.	Ampl.	F ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
[mi]	0.1128	55	109	240	2160	2840	3520
[me]	0.1168	55	111	220	1160	2260	3140*
[ma]	0.1125	55	107	200	880	2340*	3340*
[mo]	0.1187	55	102	200		2400	
[mu]	0.0812	55	107	200	540		
x	0.1124	55	107				

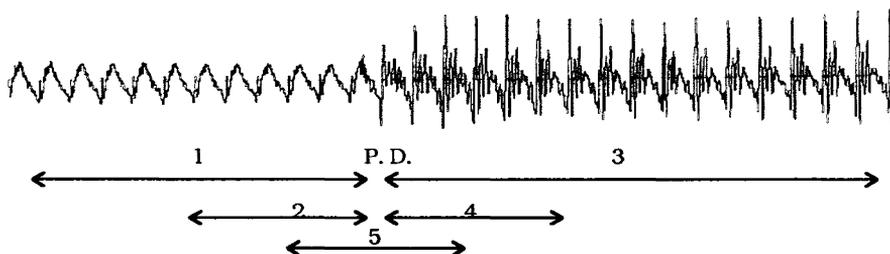
[n]	Dura.	Ampl.	F ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
[ni]	0.1156	55	106	240	1080	2340	3680*
[ne]	0.1219	55	111	200	1120	1560	2360
[na]	0.1187	55	102	200	1020*	2480	
[no]	0.1187	55	107	240	1080	2440	3500*
[nu]	0.1094	55	94	200	1480	2340	3360*
x	0.1168	55	104				

[ɲ]	Dura.	Ampl.	F ₀	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
[ɲ]	0.1250	55	107	220	1040	1960	2900*
[ɲe]	0.1406	55	102	220	1100*	2020	3040*
[ɲa]	0.1094	55	106	220	1080	2000	3240*
[ɲo]	0.1219	55	98	200	1020	1960	3020*
[ɲu]	0.0906	55	107	220	1120*	1880*	2800*
x	0.1175	55	104				

En la tabla, la duración se da en segundos, la amplitud en dB y F₀ y N en Hz. N se refiere a los formantes nasales. Los datos con asterisco están sacados directamente del sonograma, porque no salían en el espectro promediado. La F se calculó 1/t.

Hay que destacar los siguientes puntos: en primer lugar la escasa duración de C + u y la más larga C + e; que N₁ sea tan igual en todas las consonantes; que N₂ de [n] y [ɲ] sea también muy similar; que las medias, los datos en general, coincidan con el inglés; en último lugar hay que prestar mucha atención a la especial configuración acústica de [ɲ] que parece presentar un componente glide entre el murmullo nasal y la vocal. Recasens (1983) alude a este hecho: "ɲ shows a continuation of positive FF transitions, apparently due to a continuation of tongue movement during lingual closure and complete oronasal coupling". El test de percepción confirmará si este rasgo repercute, o no, en la percepción de dicha nasal.

Una vez analizadas las secuencias procedimos a la manipulación de las sílabas. Era muy importante poder situar con exactitud el punto de discontinuidad entre el murmullo nasal y la vocal, para lo cual expandimos la onda hasta tener 250 ms en pantalla y, normalmente, la visión del oscilograma bastaba. Una vez localizado el punto crucial se crearon cinco secuencias para cada una de las sílabas bajo las condiciones que detallamos a continuación y que presentamos también en un esquema tomando como ejemplo la sílaba [me]. Los estímulos resultantes nos habrían de servir para confeccionar el test de percepción pretendido.



P.D. = Punto de discontinuidad.

1 = murmullo largo

2 = murmullo corto

3 = transición larga

4 = transición corta

5 = mixto

La creación de los estímulos seguían las siguientes pautas:

1. A partir de la discontinuidad, la totalidad del murmullo.
2. Los 6 primeros pulsos glotales a la izquierda de la discontinuidad. Lo llamamos estímulo con murmullo breve.
3. Desde la discontinuidad hasta el final de la sílaba, originando lo que llamamos estímulo con transición larga.
4. Partiendo de la discontinuidad, los 6 primeros pulsos glotales hacia la derecha dando lugar a unos estímulos con transición corta.
5. La llamada condición mixta: los tres últimos pulsos glotales del murmullo y los tres primeros de la transición.

El número total obtenido de estímulos fue 75 que a la hora de grabarlos para el test de percepción se fueron incorporando de forma aleatoria. Un mismo estímulo se repetía tres veces y entre toma y toma había un segundo, excepto cada tres tomas puesto que en ese caso había unos 3 segundos.

El test se pasó a 11 estudiantes de la universidad de Barcelona ajenos al laboratorio de fonética. El test era "forced-choice", entre [m, b, n, d, ɲ] y, además, los informantes debían añadir la vocal.

1.2.. Resultados

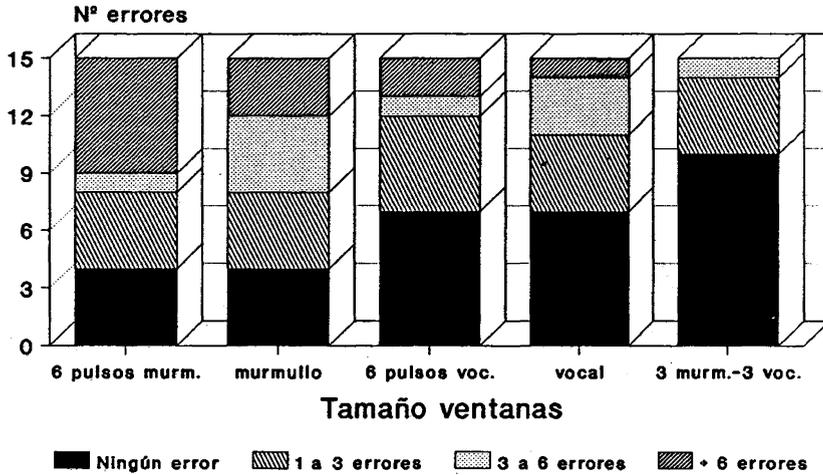
En la tabla II se pueden ver los porcentajes de error en el punto de articulación para las tres consonantes, sin tener en cuenta los errores de

modo de articulación [se consideraba un error la confusión de [m] por [n], pero no la de [d] por [n]].

Tabla 2. Porcentaje de error según el punto de articulación.

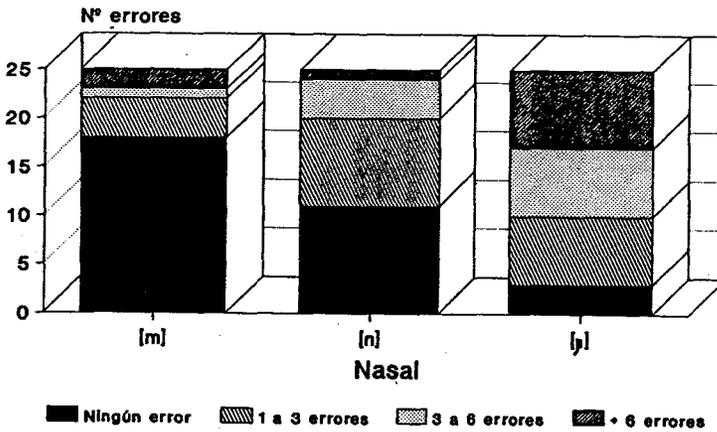
	m.breve	m.largo	tr.breve	tr.larga	mixto
[mi]	72.7	54.5	0	0	0
[me]	18.1	18.1	0	0	0
[ma]	0	0	0	0	0
[mo]	0	0	9.09	27.2	0
[mu]	0	0	0	100	0
[ni]	18.1	27.2	36.3	27.2	0
[ne]	0	54.5	18.1	36.3	0
[na]	63.6	45.4	0	0	0
[no]	0	18.1	18.1	0	0
[nu]	9.09	9.09	9.09	0	0
[ni]	100	100	64.6	45.4	45.4
[ne]	81.8	81.8	27.2	0	36.3
[na]	36.3	36.3	9.09	9.09	45.4
[no]	100	0	18.1	27.2	9.09
[nu]	90.1	100	0	45.4	27.2

El estímulo mejor identificado ha sido el mixto. Aquellos que contenían las transiciones obtuvieron un menor número de errores que los que contenían los murmullos. Sin embargo las diferencias entre ambos no son muy grandes. Veámoslo en el gráfico I. Las diferencias entre estímulos largos y breves no son significativas.



Gráf. 1

De los resultados obtenidos hasta el momento podemos deducir que la mejor percepción es aquella que integra murmullo y transición; que la duración del murmullo no influye en la percepción (con lo que diferimos de los resultados de Nakata (1959)) y que las transiciones son mejores índices de punto de articulación aunque no hemos de descartar el valor de los murmullos que también pueden desempeñar esta función (para la bilabial y la alveolar). En función de la nasal podemos ver los errores obtenidos en el siguiente gráfico.



Gráf. 2

[m] ha obtenido los mejores resultados en todas las condiciones, la diferencia entre el porcentaje de errores según el tipo de indicador es muy pequeño (3.3%). Para ella es válida la afirmación de que tanto el murmullo como la transición son buenos índices del punto de articulación.

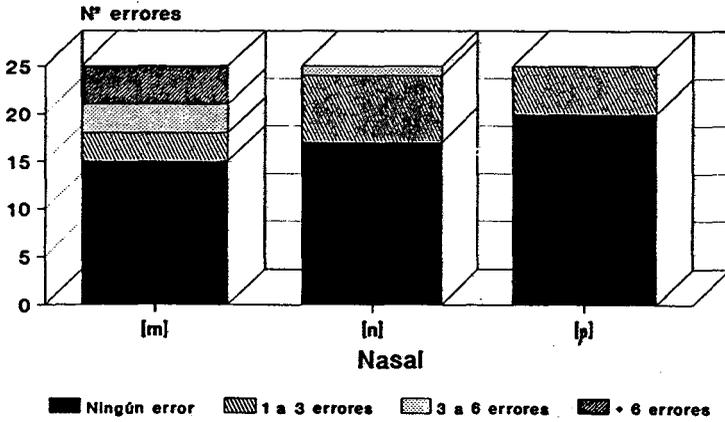
[n] ha sido correctamente identificada en un 60%. Las diferencias entre los estímulos murmullo y los estímulos transición existen pero no son muy acentuadas (10%), por lo tanto la afirmación hecha para [m] también es válida en este caso. Nuestros resultados para la alveolar no acaban de coincidir con los de Kurowski i Blumstein (1984), sí en cambio los de la labial. Lo que coincide plenamente es el hecho de establecer el estímulo mixto como el mejor identificado.

Para [ɲ] los índices de error son altísimos en todas las condiciones. Las diferencias entre el murmullo y la transición son significativas (51.2%). Teniendo en cuenta que fueron los estímulos con transiciones los mejor identificados, más incluso que el estímulo mixto, podemos afirmar que el murmullo nasal no es significativo y sí lo es la transición.

Por lo que respecta al modo de articulación (tabla 3) hay que decir que la más confundida es [m], cuyos formantes son muy débiles, seguida de [n]. La palatal registra pocos errores en este sentido debido a que carece de equivalente oclusivo sonoro oral en español (ver gráfico 3).

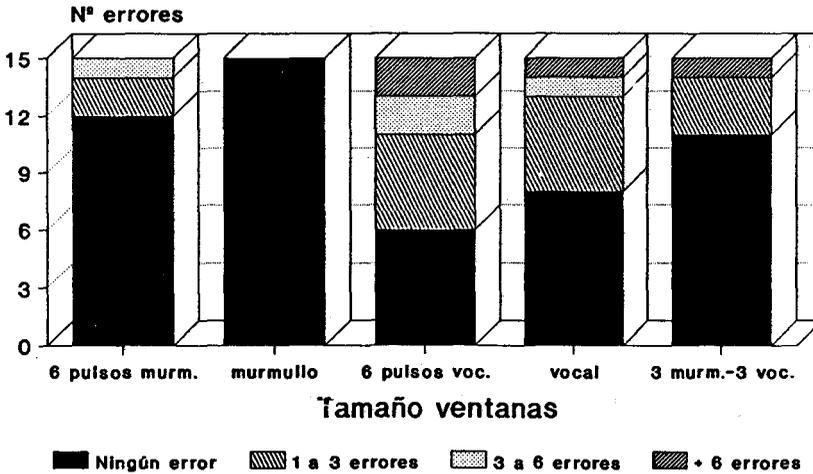
Tabla 3. Porcentajes de error según el modo de articulación.

	m.breve	m.largo	tr.breve	tr.larga	mixto
[mi]	0	0	72.7	63.6	9.09
[me]	0	0	0	0	0
[ma]	27.2	0	36.3	0	63.6
[mo]	0	0	45.4	36.3	0
[mu]	0	0	9.09	0	9.09
[ni]	0	0	27.2	27.2	0
[ne]	0	0	9.09	0	9.09
[na]	0	0	9.09	9.09	0
[no]	0	0	0	0	0
[nu]	45.4	0	9.09	0	0
[ɲi]	0	0	27.2	9.09	0
[ɲe]	0	0	0	0	0
[ɲa]	0	0	0	0	0
[ɲo]	9.09	0	9.09	9.09	0
[ɲu]	0	0	0	18.1	0



Gráf. 3

Por lo que respecta a los resultados según el tamaño de las ventanas, se confirma que es el murmullo el mejor indicador del modo de articulación. Veamos el siguiente gráfico:



Gráf. 4

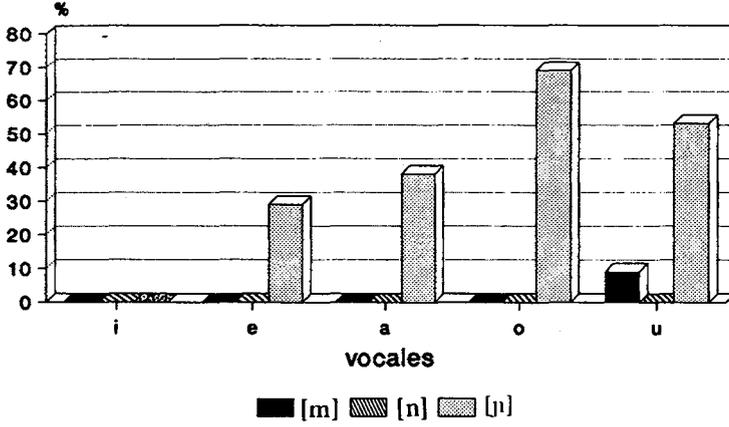
Por último hemos considerado los resultados obtenidos en la identificación de las vocales según los porcentajes de error obtenidos. Veamos la siguiente tabla y el gráfico 5:

Tabla 4. Porcentaje de error según la vocal

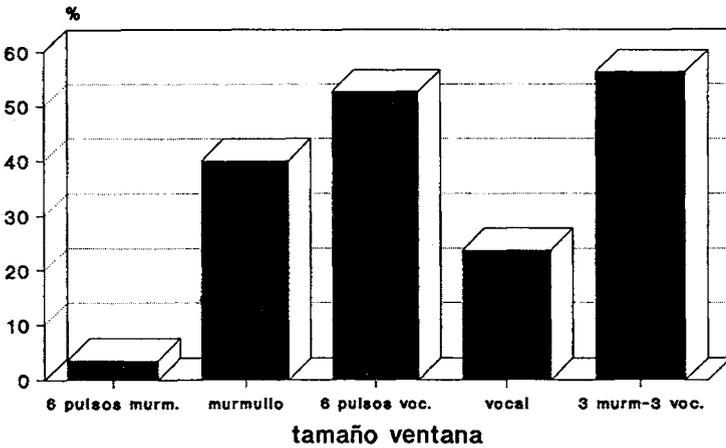
	m.breve	m.largo	tr.breve	tr.larga	mixto
[mi]	0	0	0	0	0
[me]	0	0	0	0	0
[ma]	0	0	0	0	0
[mo]	0	0	0	0	0
[mu]	0	0	18.1	18.1	9.09
[ni]	0	0	0	0	0
[ne]	0	0	0	0	0
[na]	0	0	0	0	0
[no]	0	0	0	0	0
[nu]	0	0	0	0	0
[ɲi]	0	0	0	0	0
[ɲe]	0	0	63.6	0	81.8
[ɲa]	9.09	9.09	100	0	72.7
[ɲo]	0	72.7	100	72.7	100
[ɲu]	9.09	100	0	45.4	27.2

Una vez más, [ɲ] se comporta de manera diferente al resto de las nasales estudiadas con resultados muy dispares desde ningún error en el caso de la vocal cerrada anterior hasta el 70% de errores en la vocal semicerrada posterior. En general, el número de errores es mayor en las vocales posteriores. Las consonantes labial y alveolar presentan un alto número de aciertos. Podemos ver gráficamente el porcentaje de errores

en la percepción de la nasal palatal según el tamaño de la ventana [gráf.6).



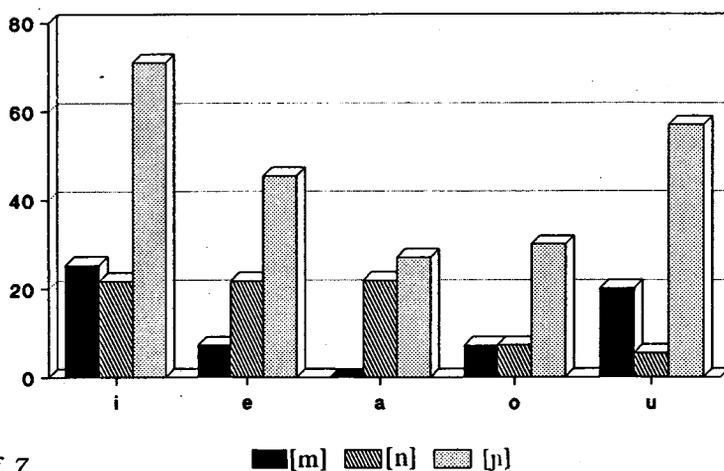
Gráf.5



Gráf. 6

Las condiciones de transición corta [6 pulsos glotales] y mixta son las que tienen una media de error más alto, por lo que nuestros resultados coinciden con los de Recasens [1983].

También se ha constatado que existen ciertas diferencias en la percepción del punto de articulación de los estímulos por efecto del contexto vocálico (ver gráf. 7). Las vocales altas son las que presentan mayor número de errores en este sentido en todas las consonantes estudiadas. En las condiciones de murmullo se cometieron más errores en la percepción de la alveolar, si lo comparamos con la labial, cuando la seguían [a, o, u]. En las condiciones con transición aparecen más errores en la percepción de la alveolar cuando la sigue una vocal anterior y en la percepción de la labial el mayor número de errores se da cuando se trata de las vocales posteriores.



Gráf. 7

■ [m] ▨ [n] ▩ [ɲ]

3. EXPERIMENTO 2

Los resultados obtenidos en el experimento anterior para la nasal palatal, junto con el análisis acústico previo y su especial configuración, sonográfica nos hizo reconsiderar nuestra posición. [ɲ] más que una nasal parece un grupo integrado por n+j. El trabajo de Romera y Fernández Planas (en prensa) podía avalar esta hipótesis. Para confirmarla hicimos un segundo experimento.

3.1. Método

Utilizando las sílabas originales (nasal palatal + vocal) de las que partíamos en el experimento anterior obtuvimos por manipulación nuevos tipos de estímulos:

1. Todo el murmullo nasal más el estado estacionario vocálico. [Es decir, sin el elemento glide]. Lo llamamos ɲ 1.

2. Los cuatro últimos pulsos del murmullo nasal más los cuatro primeros de vocal a partir de la discontinuidad. Lo llamamos ɲ 2.

3. Los estímulos correspondientes a la nasal palatal de la condición «transición larga» del experimento 1, es decir, todo lo que queda a la derecha de la discontinuidad acústica. Lo llamamos ɲ 3.

Por lo tanto resultó un corpus compuesto por 15 estímulos. Con ellos se siguió el mismo procedimiento expuesto en el experimento primero, o sea, grabación en orden aleatorio y presentación del test a 6 estudiantes de la U.B. sin entrenamiento fonético previo.

3.2. Resultados

Presentamos los resultados en la siguiente tabla:

Tabla 5. Resultados al test del segundo experimento

	Inf.A	Inf.B	Inf.C	Inf.D	Inf.E	Inf.F
[ɲi]1	i	i	i	i	i	--
[ɲi]2	ni	mi	ni	ni	ni	ni
[ɲi]3	ɲi	ɲ	ɲ	ɲi	ɲi	ni
[ɲe]1	je	je	e	je	je	je
[ɲe]2	ɲe	me	ne	ne	ge	me
[ɲe]3	ɲi	ɲi	ɲi	ɲi	ɲi	ɲe
[ɲa]1	ɲa	ja	ɲa	ɲa	ja	ja
[ɲa]2	na	na	ga	na	na	na
[ɲa]3	ɲe	ɲi	ɲi	ɲi	ɲi	ɲi
[ɲo]1	jo	jo	ɲo	jo	jo	ɲo
[ɲo]2	do	bo	bo	no	bo	bo
[ɲo]3	ɲi	ɲi	ɲ	ɲ	ju	u
[ɲu]1	ju	ɲu	ju	ɲu	ɲu	ɲo
[ɲu]2	mu	mu	mu	mu	go	mo
[ɲu]3	ɲu	ɲu	ɲu	ɲu	ɲu	ɲu

Cuando se elimina el murmullo nasal es mayoritaria la percepción esperada del estímulo y eliminando el fragmento correspondiente a la glide se percibe en muchos casos un diptongo [j + V], hecho que confirma la presencia de esta glide y además permite suponer que ésta es la que proporciona el índice de punto de articulación. Si el murmullo es muy débil la consonante percibida puede ser una oclusiva [b] o [g], principalmente. La elisión de la glide en ocasiones evita que se siga percibiendo la nasalidad. Los mejores casos de percepción de la nasal palatal se producen en la tercera condición propuesta, es decir glide más vocal, lo que es un elemento a favor de que [ɲ] sea un segmento complejo muy cohesionado entre sí.

4. CONCLUSIÓN

Nuestros datos coinciden a grandes rasgos, en lo que a [m] y [n] se refiere, con los de Kurowski y Blumstein (1984), aunque no mantenemos tan tajantemente como ellas que los murmullos proporcionan tanta información sobre el punto de articulación como las transiciones. Los datos obtenidos para [ɲ] son próximos a los de Recasens (1983).

Nuestros resultados muestran que las transiciones son más relevantes que los murmullos para la percepción del punto de articulación sin que la duración tenga una importancia decisiva. Sin embargo, la relevancia de dichos murmullos varía en función de la consonante de tal modo que podemos establecer una gradación: para [m] los murmullos son índices tan válidos como las transiciones; para [n] los murmullos también pueden desempeñar esta función pero siempre en menor medida que las transiciones. Finalmente, el murmullo no desempeña un muy escaso papel en la percepción del punto de articulación de [ɲ]. Hemos visto que esta función recae básicamente en el elemento glide que aparece en la consonante.

La condición mixta es la que proporciona para la labial y la alveolar mejores resultados, ello hace suponer que en la percepción y reconocimiento de las nasales las transiciones y los murmullos son evaluados conjuntamente, lo que nos lleva a plantear la cuestión de que los índices invariantes muy probablemente hay que buscarlos en el seno de la sílaba antes que en los elementos aislados, es decir, que los índices invariantes son sensibles, de algún modo, a efectos coarticulatorios. La nasal palatal va un poco aparte y los mejores resultados respecto al punto y al modo de articulación en este caso se han obtenido eliminando la parte de murmullo, es decir, manteniendo la parte glide y la vocal posterior.

5. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- DELATTRE,P.(1968) «From acoustic cues to distinctive features», *Phonetica*, 18, pp.198-230
- COOPER,F.; DELATTRE,P.; LIBERMAN,A.; BORST,J. y GERSTMAN,L. (1952) «Some experiments on the perception of synthetic speech sounds», *Journal of the Acoustical Society of America*, 24, pp.597-606
- JAKOBSON,R. y WAUGH,L. (1979), *La charpente phonique du langage*, Les éditions de minuit, Paris, (1980).
- KUROWSKI Y BLUMSTEIN (1984) «Perceptual integration of the murmur and formant transitions for place of articulation in nasal consonants», *Journal of the Acoustical Society of America*, 76, pp.383-390.
- MALÉCOT,A. (1956) «Acoustic cues for nasal consonants: An experimental study involving a tape-splicing technique», *Language*, 32, pp.274-284
- MARTÍNEZ CELDRÁN,E. (1984), *Fonética*, Teide, Barcelona
- NAKATA,K. (1959) «Synthesis and perception of nasal consonants», *Journal of the Acoustical Society of America*, 31, pp.661-667
- RECASENS,D. (1983) «Place cues for nasal consonants with special reference to Catalan», *Journal of the Acoustical Society of America*, 73, pp.1346-1353.
- ROMERA BARRIOS,L. y FERNÁNDEZ PLANAS, A.M. (en prensa), «Nasal palatal, segmento complejo», *Caplletra*.