

**LA TENSION ARTICULATORIA DE LAS OBSTRUYENTES
OCCLUSIVAS EN ESPAÑOL**

**THE ARTICULATORY TENSION OF OBSTRUENT STOPS
IN SPANISH**

ANA MARÍA FERNÁNDEZ PLANAS
Universidad de Barcelona
(España)
anamariafernandez@ub.edu

ALEXANDER IRIBAR IBABE
Universidad de Deusto
(España)
alex.iribar@deusto.es

ROSA MIREN PAGOLA PETRIRENA
Universidad de Deusto
(España)
rpagola@deusto.es

ITZIAR TÚRREZ AGUIRREZABAL
Universidad de Deusto
(España)
itziar.turrez@deusto.es

Artículo recibido el día: 23/07/2019

Artículo aceptado definitivamente el día: 13/02/2020

Estudios de Fonética Experimental, ISSN 1575-5533, XXIX, 2020, pp. 91-123

RESUMEN

En español existe un debate acerca de si en la distinción de las oclusivas /p-b/, /t-d/ y /k-g/ prima el rasgo [sonoro] o el rasgo [tenso], puesto que coincide que /p-t-k/ son sordas y tensas, mientras que /b-d-g/ son sonoras y laxas. Para justificar fonéticamente cualquier decisión al respecto, tal vez la mayor dificultad estriba en medir la tensión en sí misma y no a partir de la duración, su correlato principal. En este trabajo se presentan dos experimentos diferentes que, desde una perspectiva articulatoria, aportan evidencias sobre la pertinencia de la tensión para la distinción. En primer lugar, se analiza, mediante electropalatografía, el punto de máximo contacto en el desarrollo linguopalatal de las articulaciones dentoalveolares en posición inicial, tanto en su aspecto temporal (duración) como en su aspecto espacial (configuración). En segundo lugar, se analiza, mediante electromiografía, el esfuerzo muscular asociado a la articulación de las articulaciones bilabiales en igual posición. En ambos casos, se observan diferencias de producción atribuibles al efecto de la tensión articulatoria.

Palabras clave: *articulación, tensión, obstruyentes, español.*

ABSTRACT

There is an ongoing debate about the distinction of the /p-b/, /t-d/ and /k-g/ stop pairs in Spanish. The question is whether the [voice] feature or the [tense] feature prevails, since /p-t-k/ happen to be unvoiced and tense, while /b-d-g/ are voiced and lax. In order to justify phonetically any decision about it, perhaps the greatest difficulty lies in measuring the tension itself and not the duration, its main correlate. In this paper, two different experiments are presented which, from an articulatory perspective, provide evidence about the relevance of tension to make this distinction. In the first place, the point of maximum contact in the linguopalatal development of the dentoalveolar articulations in the initial position is analyzed, by means of an electropalatography, both in its temporal aspect (duration) and in its spatial aspect (configuration). Secondly, the muscular effort associated with the articulation of the bilabial articulations in the same position is analyzed by means of an electromyography. In both cases, production differences are observed which can be attributed to the articulatory tension effect.

Keywords: *articulation, tension, obstruents, Spanish.*

1. PRESENTACIÓN

El trabajo que se presenta trata sobre el papel de la tensión en la producción de los sonidos obstruyentes del español. Se abre con un repaso a varios trabajos que han mostrado la pertinencia de la tensión en la clasificación de las consonantes obstruyentes, tanto de las fricativas frente a las aproximantes, como –sobre todo– de las llamadas oclusivas sordas y sonoras. De hecho, en no pocos casos, estos trabajos sostienen la preeminencia del rasgo [\pm tenso] frente al rasgo [\pm sonoro]. A continuación, se presentan dos nuevas pruebas, obtenidas en sendos experimentos articulatorios, de la pertinencia de la tensión como rasgo distinguidor en la producción de las oclusivas dentoalveolares y bilabiales del español.

El primer experimento utiliza la electropalatografía. Tras las pertinentes consideraciones metodológicas, se presentan los resultados obtenidos en un estudio minucioso del llamado punto de máximo contacto (PMC) en el desarrollo linguopalatal de las articulaciones del par [t-d] de seis informantes. Las diferentes características temporales y espaciales del PMC en los dos elementos se consideran como reflejo directo de la diferencia de tensión entre ambos.

El segundo experimento utiliza la electromiografía para medir el esfuerzo muscular asociado a la producción del par [p-b] en otros seis informantes. Tras las cuestiones metodológicas, se presentan los datos obtenidos en cuatro puntos del músculo orbicular de la boca, que muestran una diferencia regular entre los dos elementos, asociada directamente a la tensión.

El mérito fundamental del estudio reside en experimentar por primera vez directamente con rasgos (PMC en las articulaciones oclusivas dentoalveolares y esfuerzo muscular en las consonantes oclusivas bilabiales) que pueden ofrecernos un fiel reflejo de un parámetro hasta ahora esquivo en español: la tensión.

2. MARCO TEÓRICO

La tensión articulatoria es un concepto algo confuso, puesto que resulta difícil identificar y medir sus índices fonéticos. Ni tan siquiera hay un acuerdo básico sobre cuáles son dichos índices. Según Fisher-Jørgensen (1968), la tensión puede relacionarse tanto con una mayor fuerza desarrollada por los articuladores como con un flujo de aire espirado mayor (frecuentemente reflejado en forma de aspiración). El primero de estos dos fenómenos es el principal para Hardcastle (1973), mientras que el segundo lo es para Ladefoged (1971). Sin embargo, Malécot (1970) señala más de diez índices y factores de variación de la tensión articulatoria. En cualquier

caso, se acepta comúnmente que una mayor tensión supone una mayor duración de los segmentos, desde el punto de vista acústico, y un mantenimiento más prolongado de los articuladores en una determinada posición, desde el punto de vista articulatorio.

2.1. La tensión en las series de fricativas y aproximantes

La tensión es, para muchos autores, el rasgo principal que diferencia, desde el punto de vista articulatorio, las consonantes fricativas de las aproximantes¹ (la diferencia acústica es evidente). Así, Martínez Celdrán (2004:208) define a las aproximantes espirantes² como *los segmentos que, aun poseyendo un cierto grado mayor o menor de constricción, carecen de la tensión articulatoria necesaria para producir el rehilamiento o la corriente de aire turbulento. Su intensidad es relativamente débil, comparada con las vocales vecinas, y su duración es bastante breve.*

Romero (1995) estudia mediante electromagnetometría las diferencias articulatorias entre las fricativas y las aproximantes labiales, dentales y velares del dialecto andaluz del español. Su conclusión para las tres series es clara: *there are no differences in constriction degree between approximants and fricatives. Instead, the most consistent differences between the two were found along the time dimension: fricatives are significantly longer than approximants* (Romero 1995:139-40). La mayor duración de las fricativas debe relacionarse con la precisión o la fuerza de los articuladores al producirlas, es decir, con su mayor tensión.

En Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007) se constata la diferencia de precisión articulatoria entre [x] y [χ] a partir de los valores de la media y la desviación estándar del índice CCp (coeficiente de centralidad de la zona posterior,

¹ Tampoco en esto hay unanimidad entre los autores. Catford (1988:97), por ejemplo, menciona únicamente la abertura del canal articulatorio (mayor en las aproximantes), mientras que Johnson (1997:124) señala que las fricativas sonoras y las aproximantes (*voiced glide* en su trabajo) pueden tener el mismo grado de abertura en el tracto vocal, diferenciándose entonces por la tensión (mayor en las fricativas).

² La tradición fonética española (Navarro Tomás, 1918; Gili Gaya 1950; etc.) distinguía sólo dos tipos de consonantes obstruyentes: oclusivas y fricativas. A pesar de que Navarro Tomás (1934) incorporó el concepto de *rehilamiento*, y de que Quilis (1981:221) distinguía entre fricativas de resonancias altas y bajas, el concepto de aproximante se estableció con claridad sólo a partir de Martínez Celdrán (1984). Para distinguir las aproximantes [β, ð, γ] de otras realizaciones aproximantes, como semivocales, laterales y róticas, Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:55) las denominan *aproximantes espirantes*.

establecido por Fontdevila *et al.*, 1994) obtenidos en un estudio electropalatográfico. Del mayor valor en la desviación estándar de la aproximante frente a la fricativa se deduce sus menores requisitos en cuanto a la formación de la constricción que producirá el sonido resultante³.

Martínez Celdrán y Fernández Planas (2001, 2007) aluden también a la tensión para tratar las variantes palatales aproximante [j] (la mayoritaria) y fricativa [ç]. Para estos autores, la existencia de espirantes abiertas y cerradas constituye un argumento más para hablar de su escasa precisión y fuerza articulatoria, puesto que ésta puede ser mayor o menor⁴.

2.2. Las obstruyentes oclusivas del español: sonoridad y tensión

Las dos series oclusivas del español (/p, t, k/ y /b, d, g/) se han definido tradicionalmente como *sordas* y *sonoras*, respectivamente.

Desde el punto de vista articulatorio, la sonoridad es generada por la vibración de las cuerdas vocales, simultánea o no a la oclusión (o a la constricción de las aproximantes o de las fricativas). Acústicamente, esta vibración se manifiesta en un formante grave, específico, que llamamos barra de sonoridad (Jakobson, Fant y Halle, 1952) y en las estrías verticales que a lo largo del espectrograma presentan los sonidos armónicos.

En las oclusivas, el valor de VOT (Lisker y Abramson, 1964) constituye otro índice de la sonoridad. En general, si presenta un valor negativo –esto es, anterior a la barra de explosión– o es simultáneo prácticamente a la misma barra de explosión, se trata de una oclusiva sonora, mientras que si el valor es positivo –más o menos alejado

³ Ladefoged y Maddieson (1996:137) señalan que el gesto articulatorio que conforma la constricción de la fricativa no solo es más preciso y más prolongable en el tiempo que el que produce la aproximante, sino que también es más estricto que el que necesitan las oclusivas y las nasales para ser producidas. El canal de aire turbulento de las fricativas exige que dicho canal esté formado de manera precisa y con los órganos dispuestos de modo tenso. Para el español, un experimento sobre el efecto de la velocidad de habla en el proceso de dentalización de [s] llevado a cabo mediante electropalatografía (Fernández Planas, 1999) pone de manifiesto la diferencia de exigencia articulatoria en un caso [s] y en otro [t] a partir de diversos parámetros.

⁴ No obstante, tampoco debe olvidarse que, al menos para la fricativa [x], se han señalado, ya desde Navarro Tomás (1918), tanto variantes relajadas (incluso aspiradas) como tensas (casi vibrantes).

de la barra de explosión o del momento en que los articuladores supraglóticos se despegan-, se trata de una oclusiva sorda.

Los primeros estudios hechos mediante síntesis de voz en los laboratorios Haskins (Lieberman *et al.*, 1958; Lieberman *et al.*, 1959; Lisker y Abramson, 1970) demostraron que otro índice de la sonoridad reside en la transición de F1 entre la oclusiva y la vocal siguiente, más larga tras sonora que tras sorda.

Prácticamente todos los trabajos de fonética española, desde Navarro Tomás (1918), destacan las diferencias de sonoridad entre las dos series⁵. Alarcos (1950), por ejemplo, expone que las oclusivas /p/, /t/, /ç/, /k/ se oponen por su sordéz a las sonoras /b/ /d/, /y/, /g/, respectivamente. Sin embargo, ya en el mismo autor puede leerse lo siguiente: *para la percepción de la “sonoridad” no siempre es necesaria la vibración de las cuerdas vocales. Muchos factores parecen contribuir a ella: la rapidez, intensidad y duración de las transiciones vocálicas, la duración relativa de la tensión (tenue) de la consonante, la intensidad del ruido, etc.* (Alarcos, 1950:71). Elejabeitia *et al.* (1995), por su parte, estudian tres índices acústicos (barra de sonoridad, VOT y duración) y concluyen que la barra de sonoridad parece el más potente de los tres, aun sin afirmar que pueda funcionar como índice único.

Diversos trabajos señalan la existencia de numerosos casos de sonorización de oclusivas sordas. Es cierto que el contexto y el sentido pueden guiar la percepción, pero cuando las sonorizaciones constituyen un fenómeno generalizado, esta explicación comienza a resultar insuficiente. Torreblanca (1976) atribuye precisamente los ejemplos que presenta en posición de ataque a una disminución de la tensión articulatoria. Pero es que las oclusivas sordas no solamente pueden sonorizarse, sino que incluso en ocasiones se realizan como aproximantes (Machuca, 1997; Martínez Celdrán, 2009), algo que también señalan diversos trabajos del proyecto AMPER a lo largo de todo el dominio del español, tanto de España como de América⁶. Este fenómeno aumenta en habla espontánea y coloquial, así como también en posición silábica implosiva, pero no es infrecuente en un estilo más cuidado y formal.

⁵ Estas diferencias no funcionan igual en otras lenguas, como, por ejemplo, el inglés (Ladefoged, 1993:49-55).

⁶ Pueden encontrarse enlaces a diferentes trabajos en las páginas web del proyecto en España e Iberoamérica: Martínez Celdrán y Fernández Planas, coords. (2003-2019); Dorta, coord. (2003-2017); Muñiz Cachón (dir.) *et al.* (2011), Pagola (dir.) *et al.* (2004-2019).

Además de la vibración de las cuerdas vocales, trabajos como los de Lisker (1957), Liberman *et al.* (1958) y Port (1979) muestran que la duración es otro índice acústico que diferencia las dos series oclusivas. Para el español, Martínez Celdrán (1984:329) señala que [p, t, k] duran aproximadamente el doble que [b, d, g]; esta proporción se rebaja algo en trabajos posteriores (Elejabeitia *et al.*, 1995:166; Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007:70).

Algunos estudios constatan que la mayor duración de las consonantes tensas frente a las laxas comporta también cambios tanto en las vocales precedentes (Zimmerman y Sapon, 1956) como en las nasales que se sitúan antes de dichas consonantes (Martínez Celdrán, 1997), de tal manera que los segmentos que preceden a una consonante tensa (más larga) son más breves que los que se sitúan antes de una consonante laxa (más breve). De todas formas, no parece que esta duración del segmento precedente sea demasiado relevante para el oyente, puesto que se han desarrollado experimentos perceptivos manipulando parámetros de las consonantes estudiadas sin alterar en absoluto la duración de la vocal o la nasal anterior, y dicha manipulación ha sido suficiente para conseguir un cambio de categoría en los jueces (Martínez Celdrán, 1985, 1991). De hecho, tampoco la duración es perfectamente equiparable a la tensión, aunque en principio sea una consecuencia suya, puesto que, como señalan, Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007), en final de emisión los sonidos se alargan enormemente y, simultáneamente, se van relajando. Por ello no podemos establecer una relación biunívoca entre duración y tensión. Cuando hablamos de que la mayor duración resulta ser una consecuencia de la tensión frente a la menor duración de las laxas debemos entender que esto es así en los mismos contextos.

El papel de la tensión-laxitud frente al de la sordez-sonoridad ha sido estudiado, desde el punto de vista de la percepción, por Martínez Celdrán (1985). A partir de pares mínimos del tipo *pata-bata* o del tipo *capa-cava* grabados con voz natural, se filtraba la barra de sonoridad, eliminando en un primer filtrado los primeros 500 Hz y, en un segundo filtrado, la banda de 0 a 1000 Hz. En ninguno de los dos casos podía quedar rastro de la barra de sonoridad; es más, se eliminaba también parte importante de la información acústica de los archivos analizados, especialmente en el segundo caso. Los resultados perceptivos de los estímulos presentados de forma aleatoria ofrecieron porcentajes de correcta identificación que oscilaban entre el 60,1 % y el 93,33 % de aciertos, según la condición experimental, aunque la media de aciertos se situaba en el 78,36 %. Ello indicaba que, a pesar de que la barra de sonoridad no existiera, los oyentes seguían reconociendo las oclusivas o aproximantes sonoras de los archivos iniciales, y había que interpretarlo como una evidencia en favor de la tensión. En Martínez Celdrán (1991) se partió de archivos

de voz natural del tipo *pata*, se eliminó la barra de explosión y se acortó la duración de la oclusiva intervocálica. El resultado para el 84,33% de los jueces perceptivos fue el de señalar una laxa en dicha posición. En este caso, la inexistencia de VOT y de barra de sonoridad apuntaban de nuevo a la importancia de la tensión en la identificación. Los resultados del test perceptivo de Martínez Celdrán (1993) son rotundos: una oclusiva se interpreta como sonora si dura entre 20 y 70 ms., como sorda entre 70 y 140 ms., y como geminada a partir de esa duración⁷.

Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:83-84) exponen el resultado de una prueba piloto que realizaron en colaboración con un equipo de neurólogos del Hospital Clínic i Universitari de Barcelona. La prueba consistía en medir la respuesta simpática de la piel (SSR) (Vetrugno *et al.*, 2003) a partir de la colocación de unos electrodos en los labios y en las palmas de las manos que medían el grado de sudoración. La hipótesis postulaba que el mayor esfuerzo articulatorio necesario para la producción de [p] frente a [b] o [β] haría aumentar la sudoración en las manos. Los resultados encontrados iban, efectivamente, en esta dirección.

Desde una perspectiva estrictamente articulatoria, Iribar, Pagola y Túrrez (2019), a partir del análisis de imágenes de MRI en 2D y 3D, encuentran indicios sólidos – aunque no concluyentes– de la mayor tensión de [k] frente a [g].

3. PRIMER EXPERIMENTO: CARACTERIZACIÓN DEL CONTACTO LINGUOPALATAL EN LA ARTICULACIÓN DE LAS OBSTRUYENTES DENTOALVEOLARES MEDIANTE ELECTROPALATOGRAFÍA (EPG)

En Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:75-76) se apunta que, desde el punto de vista electropalatográfico, *la mayor tensión lingual se refleja, además de en la mayor duración global del sonido, en un tiempo considerable de mantenimiento del punto de máximo contacto de electrodos*; como ejemplo de ello, se muestran espectrogramas y sucesiones de electropalatomas de las secuencias *con dos* y *con tos* que lo destacan.

⁷ Experimentos similares se habían llevado a cabo en los laboratorios Haskins en los años 50 y 60 del siglo XX con habla sintética (Lisker y Abramson, 1964, 1970; Liberman *et al.*, 1958; etc.). En estos trabajos conseguían, por ejemplo, que los oyentes reconocieran la palabra *rapid* a partir del original *rabid* aumentando la duración de la oclusiva intervocálica.

Efectivamente, una mayor tensión a la hora de articular sonidos implica un mayor esfuerzo articulatorio, lo que necesariamente debe provocar un mayor tiempo de permanencia de los órganos en su posición que el que exige un gesto relajado.

En este apartado llevamos a cabo un experimento para examinar a fondo esta idea apuntada en Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007) a la luz de las características del punto de máximo contacto linguopalatal en la articulación de [t] y [d].

3.1. Aspectos metodológicos

La técnica empleada para analizar los contactos linguales en la zona dentoalveolopalatal es la llamada electropalatografía, EPG (Fernández Planas, 2000, 2007; Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007). Concretamente se utiliza el modelo WinEPG de *Articulate Instruments Ltd.* La técnica recoge los datos mediante un paladar artificial que el informante lleva dentro de la boca y cubre el espacio que va desde el límite entre los incisivos superiores y las encías hasta el final del paladar duro y el inicio del paladar blando o velo. Dicho paladar artificial, construido a medida para cada informante, contiene sesenta y dos electrodos distribuidos por su superficie según determinados esquemas anatómicos que aseguran la comparación de resultados obtenidos a partir de diferentes informantes. La clasificación de los electrodos utilizada es la propuesta por Fernández Planas (2000), adaptada en la figura 1.

El estudio se centra en las primeras cuatro filas de electrodos (f1 a f4) es decir, la primera fila en sentido longitudinal anteroposterior que da idea de los contactos dentales (Fernández Planas y Martínez Celdrán, 1997; Fernández Planas, 2000, 2007) y las tres filas siguientes que informan sobre el contacto alveolar.

A partir de los datos obtenidos de seis informantes adultos sin trastornos articulatorios (tres de Barcelona y tres de Bilbao, sin considerar entre ellos distinciones por género) se han obtenido los índices CAa, CPa y CCa (Fontdevila *et al.*, 1994). Estos parámetros, junto con la duración total de la consonante, la duración del punto de máximo contacto linguopalatal (PMC) y el porcentaje de duración de dicho PMC en la duración total de la oclusiva, constituyen las variables dependientes estudiadas. Las variables independientes son la variedad de español (Barcelona, Bilbao) y la tonicidad de la sílaba en la que está la oclusiva de interés (tónica-átona).

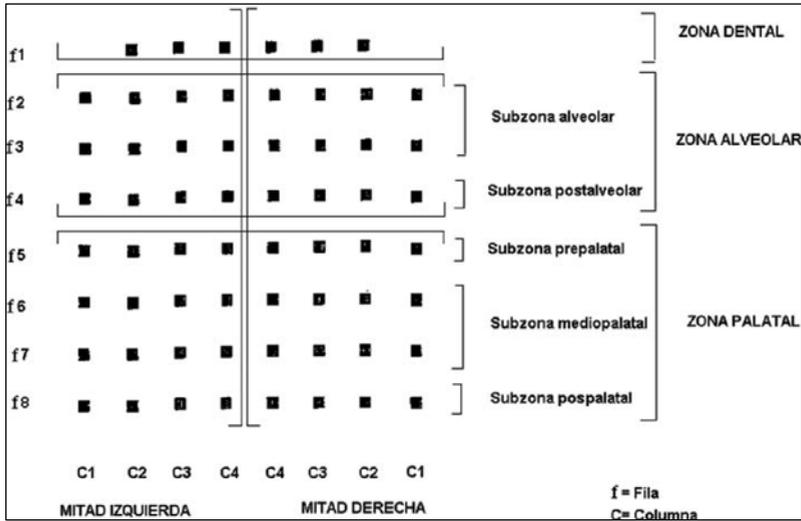


Figura 1. Clasificación de electrodos en el paladar artificial (adaptada de Fernández Planas, 2000).

Los datos obtenidos se han sometido a análisis estadístico (ANOVA de un factor)⁸ mediante el paquete SPSS v. 25. El nivel de significación se ha establecido en <0,05.

El corpus está compuesto por cuatro ítems en cada condición experimental (véase la tabla 1) que fueron repetidos diversas veces por cada informante en velocidad de elocución normal, cómoda para ellos, y se analizaron finalmente ocho de ellas. Así pues, los ítems estudiados fueron 128 por informante, es decir, 768 en total.

	Posición inicial tónica	Posición inicial átona
[t]	taza, tata, tala, tapa	tacón, tabasco, talón, tazón
[d]	dado, dame, dale, dato	damero, dativo, David, danés

Tabla 1. Corpus empleado en el primer experimento.

⁸ En futuros trabajos y con el fin de dar una explicación de la variabilidad intralocutor de los resultados, tal y como sugiere uno de los revisores anónimos, se podría incluir un análisis a partir de Modelos Lineales Generalizados Mixtos (o GLMMs, del inglés *Generalized Linear Mixed Models*).

3.2. Resultados

Los valores medios encontrados en cada parámetro estudiado por informante son los que aparecen en la tabla 2 para Barcelona y en la tabla 3 para Bilbao. La tabla 4 contiene las medias en cada punto de encuesta y la tabla 5, las medias globales. La desviación estándar aparece entre paréntesis.

Inf	Ac	Oc	D Oc	D PMC	% PMC	CAa	CPa	CCa
1	T	[t]	264,31 (35,49)	135,31 (48,46)	50,60 (14,28)	0,99973 (0,000005)	0,99759 (0,00313)	0,99759 (0,00313)
		[d]	202,91 (24,66)	52,81 (23,45)	26,07 (10,83)	0,99946 (0,00025)	0,92045 (0,02027)	0,94291 (0,01998)
	Á	[t]	208,47 (17,35)	103,97 (44,02)	49,10 (19,14)	0,99972 (0,00002)	0,99330 (0,12424)	0,99396 (0,01172)
		[d]	162,53 (14,37)	57,81 (24,72)	36,01 (16,46)	0,99929 (0,00031)	0,91921 (0,03264)	0,93627 (0,02404)
2	T	[t]	212,59 (46,99)	167,19 (49,72)	77,78 (9,30)	0,99753 (0,00000)	0,99980 (0,00000)	0,99980 (0,00000)
		[d]	197,19 (36,55)	100,63 (50,92)	50,41 (22,22)	0,99746 (0,00018)	0,97589 (0,03727)	0,98053 (0,02442)
	Á	[t]	171,84 (39,61)	140,31 (39,31)	81,22 (7,97)	0,99753 (0,00000)	0,99980 (0,00000)	0,99980 (0,00000)
		[d]	193,44 (57,80)	110,31 (46,94)	59,48 (23,32)	0,99750 (0,00003)	0,98438 (0,02044)	0,98567 (0,01799)
3	T	[t]	227,56 (54,10)	176,88 (50,83)	77,12 (5,70)	0,97321 (0,00000)	0,96229 (0,00000)	0,99753 (0,00000)
		[d]	182,94 (56,34)	77,19 (32,65)	43,23 (15,74)	0,97320 (0,00002)	0,95772 (0,01322)	0,99403 (0,01008)
	Á	[t]	210,25 (50,82)	165,00 (50,80)	78,19 (12,05)	0,97321 (0,00002)	0,95915 (0,01234)	0,99514 (0,00937)
		[d]	188,00 (48,86)	73,44 (34,70)	39,85 (15,53)	0,97321 (0,00002)	0,95915 (0,01234)	0,99514 (0,00937)

Tabla 2. Media y desviación de los parámetros estudiados por informante en Barcelona. Abreviaturas utilizadas: Inf= informante; Ac = acento; D Oc = duración de la oclusión; D PCM = duración del punto de máxima constricción; % PCM = porcentaje de la duración del PCM con respecto a la total de la oclusión; CAa = coeficiente de anterioridad de la zona anterior; CPa= coeficiente de posterioridad de la zona anterior; CCa = coeficiente de centralidad de la zona anterior.

Inf	Ac	Oc	D Oc	D PMC	% PMC	CAa	CPa	CCa
4	T	[t]	194,08 (73,40)	56,85 (37,43)	30,96 (18,05)	0,99951 (0,00060)	0,96716 (0,02714)	0,99086 (0,01805)
		[d]	157,78 (35,35)	44,45 (24,66)	28,87 (15,43)	0,99968 (0,00021)	0,93246 (0,04638)	0,96978 (0,01824)
	Á	[t]	143,25 (61,79)	44,52 (27,74)	34,34 (21,60)	0,99949 (0,00082)	0,97344 (0,02033)	0,99394 (0,01147)
		[d]	153,84 (46,81)	42,64 (20,23)	28,87 (15,82)	0,99915 (0,00126)	0,86701 (0,10182)	0,94428 (0,03003)
5	T	[t]	184,57 (82,62)	56,88 (24,17)	36,47 (20,50)	0,99615 (0,00499)	0,93692 (0,00423)	0,97695 (0,00290)
		[d]	170,38 (44,40)	56,06 (29,97)	33,99 (17,78)	0,99583 (0,00291)	0,93627 (0,00512)	0,97563 (0,00384)
	Á	[t]	180,38 (75,10)	63,18 (26,65)	37,62 (16,91)	0,99594 (0,00471)	0,93693 (0,00181)	0,97645 (0,00270)
		[d]	122,85 (47,30)	50,10 (18,34)	44,03 (19,12)	0,99488 (0,00386)	0,93781 (0,00268)	0,97600 (0,00238)
6	T	[t]	380,00 (84,17)	113,96 (40,32)	30,45 (10,00)	0,99871 (0,00098)	0,93040 (0,02761)	0,97300 (0,01418)
		[d]	472,42 (94,22)	116,09 (54,69)	24,31 (7,99)	0,99710 (0,00117)	0,90417 (0,02574)	0,96435 (0,01274)
	Á	[t]	335,00 (79,78)	112,60 (41,64)	34,33 (11,03)	0,99628 (0,00313)	0,90991 (0,02133)	0,95431 (0,01760)
		[d]	342,70 (80,06)	89,11 (42,78)	26,81 (10,95)	0,99750 (0,00120)	0,91849 (0,03257)	0,95624 (0,01284)

Tabla 3. *Media y desviación de los parámetros estudiados por informante en Bilbao. Abreviaturas utilizadas: Inf= informante; Ac = acento; D Oc = duración de la oclusión; D PCM = duración del punto de máxima constricción; % PCM = porcentaje de la duración del PCM con respecto a la total de la oclusión; CAa = coeficiente de anterioridad de la zona anterior; CPa= coeficiente de posterioridad de la zona anterior; CCa = coeficiente de centralidad de la zona anterior.*

Inf	Ac	Oc	D Oc	D PMC	% PMC	CAa	CPa	CCa
Σ BC	T	[t]	234,82 (50,63)	159,79 (52,29)	68,49 (16,34)	0,99016 (0,01207)	0,98656 (0,01736)	0,99830 (0,00208)
		[d]	194,32 (41,73)	76,87 (41,93)	39,90 (19,63)	0,99004 (0,01199)	0,95135 (0,03440)	0,97249 (0,02882)
	Á	[t]	196,85 (42,06)	136,43 (51,12)	69,50 (19,98)	0,99015 (0,01207)	0,98408 (0,02088)	0,99630 (0,00894)
		[d]	181,32 (46,04)	80,52 (42,44)	45,11 (21,25)	0,99000 (0,01196)	0,95425 (0,03551)	0,97236 (0,03156)
Σ BI	T	[t]	233,59 (111,79)	69,92 (41,76)	32,57 (17,41)	0,99827 (0,00318)	0,94925 (0,27960)	0,98241 (0,01600)
		[d]	239,59 (146,90)	65,27 (46,07)	29,01 (14,82)	0,99807 (0,00228)	0,92634 (0,03730)	0,96989 (0,01490)
	Á	[t]	200,47 (105,35)	77,46 (100,81)	35,16 (18,13)	0,99780 (0,00330)	0,94843 (0,03226)	0,97966 (0,02024)
		[d]	242,07 (413,38)	56,34 (32,21)	32,14 (16,95)	0,99764 (0,00280)	0,89818 (0,07923)	0,95538 (0,02548)

Tabla 4. Media y desviación estándar de los parámetros estudiados promediados por localidad. Abreviaturas utilizadas: Inf= informante; Ac = acento; D Oc = duración de la oclusión; D PCM = duración del punto de máxima constricción; % PCM = porcentaje de la duración del PCM con respecto a la total de la oclusión; CAa = coeficiente de anterioridad de la zona anterior; CPa= coeficiente de posterioridad de la zona anterior; CCa = coeficiente de centralidad de la zona anterior; Σ BC = datos de los 3 informante de Barcelona (1-3); Σ BI = datos de los 3 informantes de Bilbao (4-6).

Inf	Ac	Oc	D Oc	D PMC	% PMC	CAa	CPa	CCa
Σ	T	[t]	234,30 (81,87)	121,89 (65,46)	53,35 (24,43)	0,99358 (0,01021)	0,97083 (0,02901)	0,99160 (0,01309)
		[d]	212,44 (100,42)	72,23 (43,86)	35,54 (18,60)	0,99325 (0,01018)	0,94135 (0,03754)	0,97145 (0,02421)
	Á	[t]	198,30 (73,87)	108,34 (58,69)	55,76 (25,56)	0,99321 (0,01027)	0,96982 (0,03130)	0,98964 (0,01664)
		[d]	205,39 (263,09)	70,94 (40,69)	40,17 (20,41)	0,99303 (0,01015)	0,93203 (0,06307)	0,96563 (0,03038)

Tabla 5. Media y desviación estándar de los parámetros estudiados promediados globalmente. Abreviaturas utilizadas: Inf= informante; Ac = acento; D Oc = duración de la oclusión; D PCM = duración del punto de máxima constricción; % PCM = porcentaje de la duración del PCM con respecto a la total de la oclusión; CAa = coeficiente de anterioridad de la zona anterior; CPa= coeficiente de posterioridad de la zona anterior; CCa = coeficiente de centralidad de la zona anterior; Σ = datos totales de los seis informantes.

Entre los datos obtenidos en Barcelona, respecto a la duración de [t], se comprueba que es mayor que la de [d] en todos los informantes por separado (salvo en posición átona en el informante BCN2, aunque la diferencia no es significativa ($p=0,086$); como tampoco lo es entre las tónicas en el mismo informante ($p=0,148$), ni entre las átonas en el informante BCN3 ($p=0,079$)).

Por otra parte, la duración de ambos segmentos tiende a ser mayor en sílaba tónica que en la átona. Considerando los informantes por separado la única excepción se encuentra [d] en el informante BCN3; aunque las diferencias significativas se concentran en los informantes BCN1 tanto en [t] como en [d] y BCN2 en [t] (en todos los casos $p < 0,001$). Considerando a los informantes conjuntamente, esto es así sin excepciones.

En los datos obtenidos en Bilbao, la duración de la oclusión de [t] tiende también a ser mayor que la de [d] salvo en el informante BI6, aunque las diferencias no son significativas. También se constata la tendencia en la duración del PMC. Respecto al acento, considerados los informantes por separado, no se comprueba, de acuerdo con lo esperado, que la duración de las tónicas sea siempre mayor que la de las átonas. Pero las diferencias no son significativas.

Estos resultados respecto a la duración, sobre todo los de Barcelona, comprueban una vez más lo apuntado por estudios anteriores.

La novedad del estudio radica en las diferencias entre [t] y [d] en las características linguopalatales de su PMC, tanto en su configuración espacial como en su desarrollo temporal, es decir, en algo más profundo y más difícil de estudiar, que se atribuyen a las diferencias de tensión en la articulación de ambos segmentos.

3.2.1. Respecto a la configuración espacial

La configuración espacial reflejada a través de los valores CAa, CPa y CCa, tomados los tres informantes de Barcelona y los tres de Bilbao en su conjunto, señala que no hay diferencias significativas estadísticamente entre [t]-[d] en CAa (en Barcelona $p=0,931$ en átonas; $p=0,947$ en tónicas; en Bilbao: $p=0,679$ en tónicas y $p=0,773$ en átonas) y sí en los demás índices. Es lógico que sea así puesto que el índice CAa marca la anterioridad de los contactos, la dentalidad, y es un parámetro necesariamente fijo para marcar el punto de articulación, no puede haber grandes diferencias. Los demás índices, aun presentando valores altos (porque ambas articulaciones son alveolares también) sí son estadísticamente significativos entre [t] y [d] porque la configuración linguopalatal de [d] en su PMC no es, de media, tan amplia como en [t]. Puede serlo en algunas repeticiones, pero puede variar. Por

ello las desviaciones típicas son más altas para CPa y CCa tanto en el contraste entre tónicas como entre átonas. La configuración de [t] es más estricta a causa de la tensión. Esto es así tanto en la consideración de los tres informantes juntos como por separado. Es decir, la configuración del PMC de [t] es más estricta y fija que la de [d]. La tensión imprime un mayor control articulatorio en los requisitos de producción.

Considerando los seis informantes estudiados juntos, igual que todos ellos por separado y también considerados en dos grupos (por ciudad), no hay diferencias significativas en ningún caso en CAa pero sí ($p < 0,001$) en CPa y CCa.

Obsérvense al respecto las cuatro imágenes de la figura 2 correspondientes a emisiones concretas de una de las informantes. Las imágenes ilustran el porcentaje de activación de cada electrodo durante el desarrollo completo de las oclusiones indicadas.

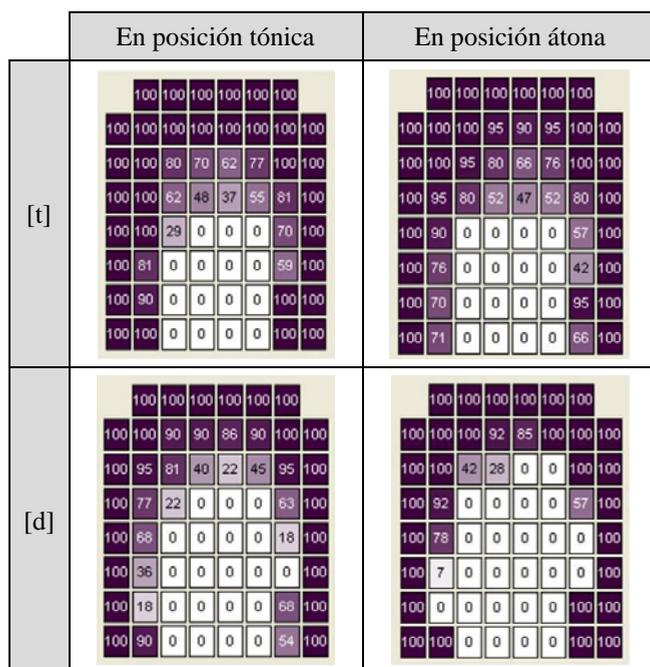


Figura 2. Configuraciones electropalatográficas de una emisión concreta de taza, tazón, dado y dativo, respectivamente de izquierda a derecha y de arriba abajo, de un mismo informante.

Se observa tanto en los datos presentados en la tabla 1 como en la figura 2 ofrecida como ejemplo que las diferencias son sutiles, pero permiten establecer una gradación en la configuración de la constricción. De mayor a menor: t en sílaba tónica > t en sílaba átona > d en sílaba tónica > d en sílaba átona.

3.2.2. Respecto a la duración del PCM

En los resultados obtenidos en Barcelona, considerado el conjunto de los informantes, la duración del PCM respecto a la duración total de la oclusiva en cuestión –es decir, el porcentaje que el PCM representa en la duración total de la oclusiva– presenta diferencias significativas entre [t] y [d], tanto en posición tónica como átona ($p < 0,001$ en ambos casos). Considerados individualmente, la diferencia también es significativa en los tres informantes, con un valor de significación $< 0,05$. En cuanto a Bilbao, no en todos los informantes el porcentaje de PCM respecto de la duración total de la consonante es mayor en [t] respecto a [d]. Tomados los tres informantes en su conjunto, ese porcentaje de interés sí es siempre mayor en [t] que en [d], tanto en posición tónica como en átona. Las diferencias, no obstante, no son significativas. En todo caso, tanto en Barcelona como en Bilbao, el porcentaje duracional observado siempre es mayor en el caso de [t] que en el de [d] en todos los informantes individualmente, y, por supuesto, en todos ellos considerados de forma global.

Considerados conjuntamente los informantes de Barcelona y Bilbao, las diferencias del porcentaje de duración del PCM en la duración global de [t] y [d] son estadísticamente significativas ($p < 0,001$), tanto en tónicas como en átonas, así como en la consideración conjunta de ambas situaciones acentuales.

Las imágenes de la figura 3 ilustran las diferencias. En concreto, los gráficos de la figura 3 señalan un *zoom* en el desarrollo temporal de una muestra de las secuencias sometidas a estudio, respectivamente de arriba abajo: *taza*, *dado*, *tazón* y *dativo*. La línea horizontal entre el oscilograma y la sucesión de electropalatogramas señala el segmento correspondiente a la oclusión completa (incluimos el electropalatograma que se refiere al momento de la apertura de los órganos que, acústicamente, correspondería a la barra de explosión). En la sucesión de electropalatogramas las barras verticales señalan el principio y el fin del PCM.

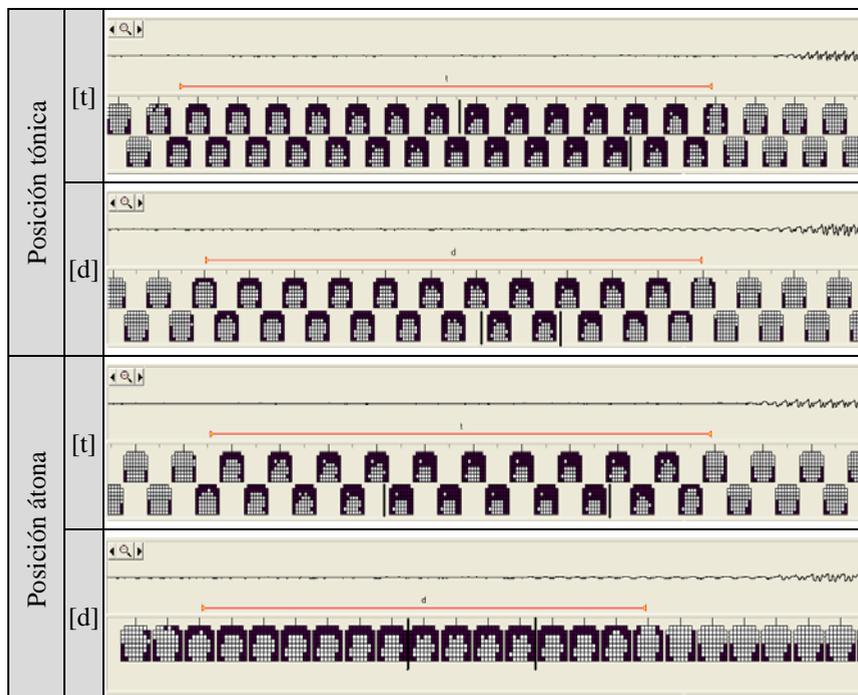


Figura 3. Desarrollo temporal de las oclusiones sometidas a estudio.

4. SEGUNDO EXPERIMENTO: MEDIDA DEL ESFUERZO MUSCULAR EN LA ARTICULACIÓN DE LAS OBSTRUYENTES BILABIALES MEDIANTE ELECTROMIOGRAFÍA (EMG)

La electromiografía (EMG) registra la actividad eléctrica producida por los músculos esqueléticos, en este caso los asociados a la producción de los sonidos lingüísticos. Esta actividad eléctrica, o estrés muscular, es recogida por unos electrodos, que pueden ir insertados o adheridos en la zona de estudio.

4.1. Aspectos metodológicos

Para medir el esfuerzo muscular asociado a la producción del par [p – b], se utilizó un aparato portátil de EEG (electroencefalografía), calibrado adecuadamente para registrar, no la actividad eléctrica cerebral, sino la muscular. El equipo es un *g.tec Medical Engineering* de 16 canales, con un *g.GammaSys Active Electrode System*; el *software* de grabación es *g.Recorder* y el de análisis, *g.BSanalyzer*. Para las capturas, se utilizaron cuatro electrodos del tipo *LADYbird* (de la misma empresa), adheridos a la piel sobre el músculo orbicular de la boca (*orbicularis oris*), de acuerdo al esquema de la figura 1. Además de estos electrodos, se emplearon otros dos (referencia y tierra), colocados detrás de las orejas.

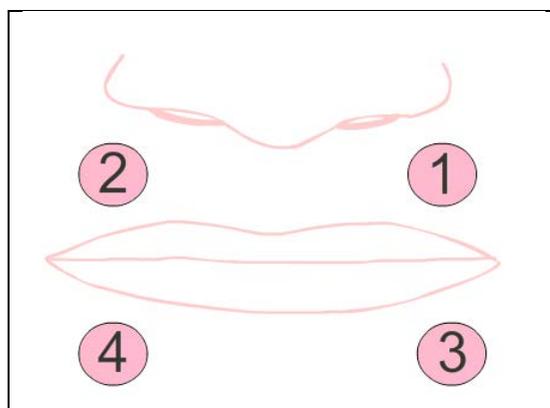


Figura 4. Esquema de colocación de los cuatro electrodos

Una vez colocados y calibrados los electrodos, el informante repetía varias veces las sílabas [pa] y [ba], con una pausa de algunos segundos entre cada una de ellas. La señal se grabó con un rango de 12.000 Hz. y un filtro pasa banda de 5-500 Hz.

Se han analizado 6 informantes (3 de Bilbao y 3 de Barcelona, parcialmente coincidentes con el experimento anterior). De las repeticiones registradas en cada caso, se han seleccionado las tres con valores más regulares, de modo que el total de elementos analizados es 36 (18 por cada oclusiva). De cada uno de ellos, se han obtenido aproximadamente 30 valores consecutivos de energía media por canal, lo que hace un total aproximado de 4.320 datos (2 elementos x 3 repeticiones x 6 informantes x 30 valores x 4 canales).

El procedimiento técnico seguido en la captura y tratamiento de la señal se explica en García Zapirain *et al.* (2013). La figura 5 muestra, a modo de ejemplo, las señales de uno de los electrodos inferiores correspondientes a una repetición del par en cuestión.

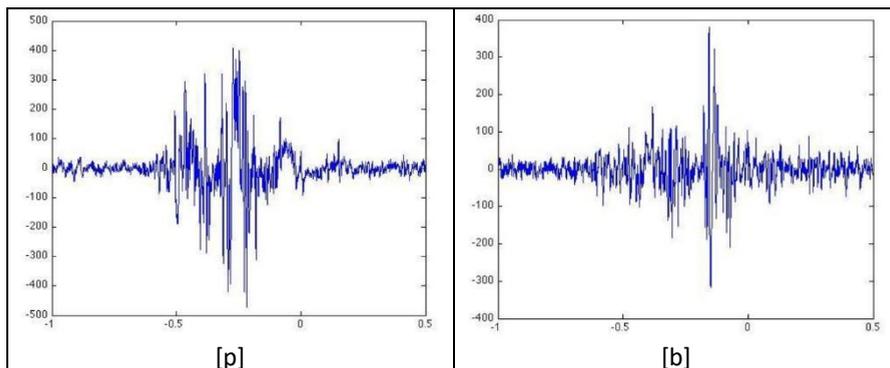


Figura 5. Un ejemplo de la señal correspondiente al canal inferior izquierdo de [p] y [b].

El eje de ordenadas representa la potencia (en μV o microvoltios) y el de abscisas, el tiempo (en segundos). El punto temporal 0 corresponde al inicio del sonido (la explosión de la consonante). Por tanto, puede observarse que el esfuerzo muscular de la oclusión comienza en torno a 0'5 segundos antes de la explosión. En el ejemplo también puede observarse que la zona de mayor amplitud es mayor y más larga en la sorda.

4.2. Resultados

Los datos obtenidos son heterogéneos y presentan una gran variación, tanto entre los seis informantes como entre las tres series o repeticiones de un mismo informante y elemento. Una vez depurados (mediante el habitual procedimiento de los diagramas de caja) los datos de cada una de las 144 repeticiones individuales (6 informantes x 2 elementos x 3 series x 4 canales), se procedió a eliminar 23 de ellas, puesto que se situaban en un rango muy diferente del de las otras dos repeticiones del mismo informante⁹. La tabla 6 presenta los valores de media y desviación de los datos de las 121 repeticiones consideradas (en algunas celdas, por tanto, los valores corresponden sólo a dos repeticiones).

⁹ Por ejemplo, los valores de las tres repeticiones de [p] del I3 eran 353, 496 y 9.480 μV . Se procede a eliminar los valores de la tercera repetición, claramente fuera de rango.

		[b]				[p]			
		C1	C2	C3	C4	C1	C2	C3	C4
I	X	176	211	1.099.629	5.081	273	331	1.207.205	90.660
1	S	48	69	448.779	5.397	110	169	883.136	94.094
I	X	601	1.878	41.511	2.177	683	32.222	87.537	29.216
2	S	298	1.981	62.916	1.294	228	54.624	88.113	26.027
I	X	327	420	78.932	51.983	408	416	103.272	39.265
3	S	72	216	109.074	42.654	78	148	155.158	30.704
I	X	6.303	343	26.919	655	15.198	756	101.898	1.366
4	S	5.151	140	25.338	256	7.860	287	76.720	504
I	X	1.683	274	1.125	916	3.827	454	1.577	1.169
5	S	1.825	40	422	391	4.021	110	475	275
I	X	50.574	5.344	2.756	1.375.991	30.337	3.920	269.308	1.232.237
6	S	52.657	9.277	2.567	664.332	21.729	4.241	170.877	839.415

Tabla 6. Media y desviación del potencial eléctrico (en μV) de los cuatro canales de [p] y [b], por informante. Abreviaturas utilizadas: I = informante; X = media; S = desviación estándar; C = canal.

Hay varias observaciones que realizar con respecto a los datos de la Tabla 6:

- Gran dispersión de los datos. En varias ocasiones, la desviación es incluso mayor que la propia media.
- Discrepancia entre los informantes. Compárese, por ejemplo, la media de C1 del I6 (y también del I4) con la del resto de los informantes.
- Diferencias entre los valores de los cuatro canales. En general, los canales superiores registran, como es lógico, unos valores menores. Pero se producen no pocas excepciones (C3 del I5, por ejemplo).
- Valores anormalmente altos, como, por ejemplo, C3 del I1 y C4 del I6.

A pesar de la existencia de datos anómalos, la tendencia es clara: los valores de [b] son, en general, menores que los de [p], como se muestra en la Tabla 7.

	C1	C2	C3	C4
I1	64,46	63,74	91,08	5,60
I2	87,99	5,82	47,42	6,48
I3	80,14	100,96	76,43	132,39
I4	41,47	45,37	26,41	47,95
I5	43,97	60,35	71,33	78,35
I6	166,70	136,32	1,02	111,66

Tabla 7. Porcentaje del valor de [b] con respecto al de [p], por canal e informante.

Sólo en cinco ocasiones (de las 24 posibles), el valor de [b] supera al de [p]. Estos casos corresponden a dos informantes: I3 e I6. También se producen otros cuatro casos con una diferencia excesiva a favor de la hipótesis (C4 de I1, C2 y C4 de I2 y C3 de I6). Parece claro, por tanto, que todos los informantes, en mayor o menor medida, registran en algún canal valores situados fuera de rango. Para obtener las medias generales, se estimó conveniente despreciar los siguientes casos anómalos:

- I1: C3 de [b] y [p].
- I2: C2 de [p].
- I3: C4 de [b].
- I4: C1 de [b] y [p].
- I5: C3 de [b].
- I6: C1 de [b] y [p], C2 de [b], C4 de [b] y [p].

Tras esta operación, los resultados finales se muestran en la Tabla 8.

	[b]		[p]	
	Media	Desviación	Media	Desviación
C1	659,73	1.086,78	1.266,48	2.482,17
C2	656,56	1.129,67	1.207,88	2.392,84
C3	39.160,42	71.024,52	108.95574	139.938,02
C4	10.061,46	24.778,13	37.454,75	64.712,51

Tabla 8. *Media y desviación del potencial eléctrico (en μV) de los cuatro canales de [p] y [b] (valores generales).*

La figura 6 muestra claramente cómo, en los cuatro canales, los valores de [p] superan siempre a los de [b]. Se deduce que la tendencia que cabe destacar es la exigencia de requisitos musculares más estrictos en el caso de [p] que en el caso de [b], lo cual se relaciona con la tensión mucho más que con la sonoridad. Igual que se exponía en el primer experimento, cabe hacer extensiva esta observación a los otros puntos de articulación de las oclusivas orales en español.

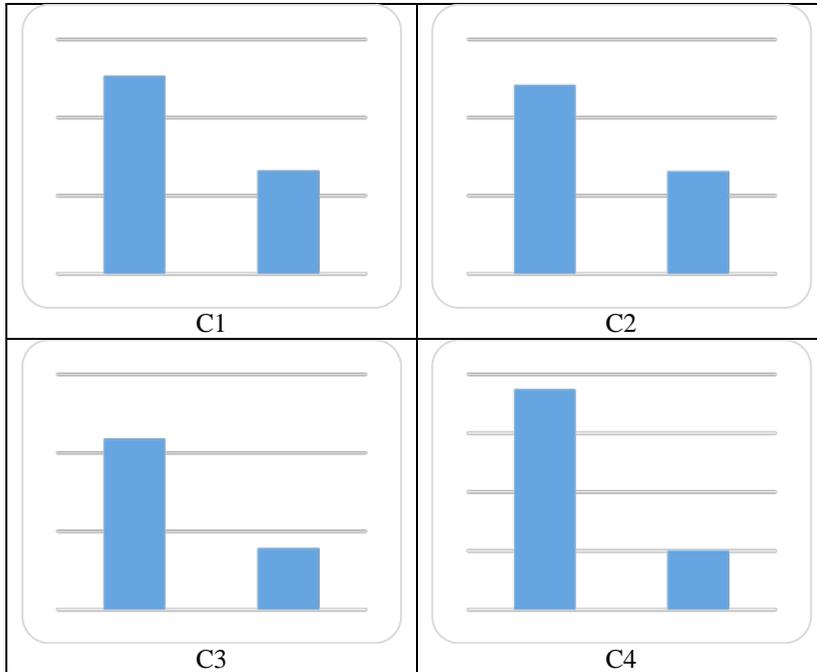


Figura 6. Comparación de las medias generales de [p] y [b] en los cuatro canales.

5. DISCUSIÓN

Sucede que en español las obstruyentes sordas son tensas y las sonoras, laxas. Quilis (1993), cuando se refiere a la clasificación acústica de los fonemas explosivos orales, afirma lo siguiente:

La división tenso-débil de /p/, /t/, /k/, frente a /b/, /d/, /g/ no tiene razón de ser en español. Es norma constitutiva de la fonética general el que las consonantes sordas sean más tensas, más enérgicas y presenten un contacto más amplio que las correspondientes sonoras; por lo tanto, nuestras explosivas sordas serán normalmente tensas, y su correspondiente serie sonora, débil. Si en español no hubiese una clara distinción entre unas y otras, basada en la acción de las cuerdas vocales, y por lo tanto en la ausencia y presencia de la barra de sonoridad, el rasgo tenso-débil sería el característico; pero existiendo en nuestra lengua la diferencia sonora-sorda, como en todas las lenguas románicas, el rasgo tenso-débil es redundante Quilis (1993:215).

De todas formas, el mismo autor reconoce un poco más adelante (1993: 222) que *la sonorización de las oclusivas sordas en posición prenuclear, tanto en interior como en inicial de palabra, se produce con cierta frecuencia en español*, ya desde sus orígenes y en distintas variedades dialectales de la lengua. Por ello parece que no se trata de algo puntual y secundario, sino que constituye un fenómeno generalizado.

Sin embargo, esta correspondencia entre la tensión y la sordez o la laxitud y la sonoridad no puede generalizarse en las lenguas del mundo. El coreano, el inglés, el suto o algunas lenguas caucásicas, por ejemplo, presentarían contraejemplos a esta relación (Ladefoged y Maddieson, 1996:55-57). Dicho de otro modo, se trata de dos rasgos que no necesariamente deben ir siempre unidos. La tensión es independiente de la sonoridad, así como de la aspiración.

En español, la correspondencia entre ambos rasgos hace que se asimilen y se hable solamente de uno de ellos, la sonoridad, tradicionalmente medible con mayor facilidad que la tensión. Pero no sería económico –y todas las lenguas tienden hacia el principio de economía en diferentes niveles, también en el fonético– que funcionaran los dos rasgos a la vez; uno de ellos necesariamente debe de tener mayor preponderancia que el otro. A partir de los resultados expuestos en este trabajo, más los documentados en la bibliografía citada, pensamos que, efectivamente, la tensión podría tener más peso específico del que tradicionalmente se le ha otorgado en la historia de la fonética española. La atención se ha centrado normalmente en la sonoridad por la dificultad de encontrar parámetros fiables que permitan medir directamente la tensión

Martínez Celdrán y Fernández Planas (2007:82) señalan que *está claro que el rasgo de sonoridad es, en español, muy inestable y si la fonología ha de tener una base fonética firme, entonces la sonoridad no puede constituirse en rasgo distintivo del español*. El presente trabajo ofrece dos argumentos innovadores, desde el punto de vista articulatorio, en favor de la tensión como rasgo contrastivo en español.

Por un lado, hay diferencias articulatorias, concretamente linguopalatales, en el PMC de [t] y de [d] que se atribuyen a la tensión mayor en el primer caso que en el segundo. Estas diferencias se manifiestan tanto en el aspecto espacial (en la configuración) como en el temporal (la duración del PMC respecto a la duración total de la oclusiva). Estos datos muestran que, en español, la tensión funciona en la distinción de la pareja /t-d/.

Por otro lado, se ha recogido información sobre la actividad eléctrica asociada a los músculos labiales (*orbicularis oris*). Los resultados, difíciles de analizar y en principio aparentemente dispares entre los informantes y sus repeticiones, convergen sin embargo en una tendencia clara: los valores de la actividad muscular en la producción de [p] son mayores que en la producción de [b]. Es decir, la tensa [p] precisa una activación muscular más intensa que la laxa [b].

De todas formas, la información obtenida mediante EMG debe ser considerada con cautela, debido fundamentalmente a la gran variación de los datos manejados. Por ello hablamos de tendencias en la información aportada. Es muy importante tener en cuenta que un músculo no es una estructura homogénea, sino un conjunto de fibras (Abbs *et al.*, 1984 para el *orbicularis oris*), que pueden además verse afectadas por la acción de otras estructuras contiguas, de modo que *even with intramuscular electrodes, the probability of recording from a single muscle of the lip in isolation is extremely low* (Blair y Smith, 1986:256). Por tanto, la localización de los electrodos debe ajustarse al máximo (Gentil y Moore, 1997:68), dado que una ligera variación en su colocación puede suponer una variación acusada en los resultados. También pueden incidir en esto otros factores, como los cutáneos (sudoración, presencia de sustancias extrañas en la piel, etc.) o el propio grado de sensibilidad del equipo utilizado. A pesar de las precauciones metodológicas adoptadas, este experimento ha generado algunos datos anómalos, que, como se ha explicado, han sido depurados.

Este trabajo es probablemente el primero en aplicar la electromiografía para estudiar la diferencia de tensión en el par /p-b/ en español, pero para el inglés existen varios trabajos pioneros con la misma finalidad, cuyas conclusiones son muy diferentes:

The electromyographic measures showed no significant differences in timing or amount of muscle activity at the lips between /p/ and /b/ (Lysaught et al., 1961:842).

Since the articulation of /p/ does not in any way show consistently greater muscular activity of the orbicularis orbis muscle than the articulation of /b/, it can be concluded that a feature other than the tense-lax feature must differentiate these two phonemes in American-English (Fromkin, 1965:169).

There is some slight average tendency for “tense” sounds to be produced more forcefully than “lax”, but this tendency is present only for some subjects and when large numbers of responses are averaged. It is not large enough to serve as the basis for a phonemic distinction based on muscular effort. We conclude that the essential difference between /p/ and /b/ lies elsewhere (Harris et al., 1965:135).

Hay que tener en cuenta, en cualquier caso, que estos trabajos analizan el comportamiento de un solo músculo, mientras que la realidad articulatoria es mucho más compleja¹⁰. Por otra parte, estos trabajos analizan la consonante como un todo, cuando es sobradamente conocida la existencia de diferentes fases articulatorias en un oclusiva. En este sentido, Öhman (1967:39) advierte que *in comparable contexts the onset command is usually stronger in a [p] than in a [b]. Conversely, the release command is usually stronger in a [b] than in a [p]*. Efectivamente, nuestro trabajo también ha considerado conjuntamente la señal desde el inicio del esfuerzo muscular hasta el de la explosión, sin distinguir la fase inicial (*onset command*) de la final (*release command*).

En definitiva, aunque la información de este primer experimento de EMG es sólida, sería conveniente que sus conclusiones fuesen validadas por futuros trabajos.

6. CONCLUSIÓN

La fonética ha observado y analizado, mediante diferentes técnicas instrumentales, muchos índices fonéticos –acústicos y articulatorios, no tanto perceptivos– asociados a la distinción de las dos series de obstruyentes oclusivas en español: barra de sonoridad, VOT, duración, transiciones vocálicas, intensidad de la explosión, posición de la glotis, estrés muscular, contacto entre los articuladores, etc. Algunos de estos índices pueden asociarse al rasgo [\pm sonoro] y otros, al rasgo [\pm tenso].

Es claro que no todos estos índices poseen el mismo peso. Por ejemplo, el estrés muscular mediante EMG sólo se ha medido una vez en español (en este artículo), también el peso específico del PMC en los contactos linguopalatales de las articulaciones, mientras que numerosos trabajos han observado, durante prácticamente un siglo, la presencia/ausencia de la barra de sonoridad como índice de la distinción.

Por otra parte, es muy relevante que puedan aducirse un buen número de casos de sonorización de sordas, en los que, por tanto, el rasgo de sonoridad parece no operar en la distinción. Pero también hay que reconocer que esta información se ha obtenido

¹⁰ Así, puede examinarse el comportamiento conjunto de los labios y de la mandíbula (Gay *et al.*, 1974; Folkins y Abbs, 1975), o de ambos en combinación con la lengua (Tuller *et al.*, 1982; Alfonso y Baer, 1982), o puede estudiarse la interacción entre varios músculos diferentes (Folkins, 1981; Gentil y Gay, 1986; Gentil *et al.*, 1983; Honda *et al.*, 1982; Tuller *et al.*, 1981).

porque existen innumerables observaciones sobre dicho índice, y porque en ocasiones se ha pretendido precisamente buscar estas sonorizaciones. En cambio, las observaciones sobre la duración –por ejemplo– son mucho menos numerosas, y nunca se ha buscado expresamente su posible neutralización en español. Es obvio, por tanto, que hacen falta todavía muchos más estudios, desde las tres perspectivas, articulatoria, acústica y perceptiva, sobre esta cuestión.

Este trabajo aporta pruebas articulatorias experimentales de la pertinencia de la tensión en la discriminación en español de los pares /p-b/ y /t-d/, lo que también podría ser extrapolable al par /k-g/. Por tanto, la decisión fonológica sobre la preminencia de uno u otro rasgo podrá estar, a partir de ahora, mejor justificada fonéticamente. Aunque sean diferencias sutiles en ambos casos, EPG y EMG, la tendencia parece bastante manifiesta, claramente va en la misma línea de resultados y puede constituir un punto de partida para futuras investigaciones.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABBS, J.H.; GRACCO, V.L. y BLAIR C. (1984): «Functional muscle partitioning during voluntary movement: facial muscle activity for speech», *Experimental Neurology*, 85, pp. 469-479.
- ALARCOS LLORACH, E. (1965 [1950]): *Fonología española*, Madrid, Gredos.
- ALFONSO, P.J. y BAER, T. (1982): «Dynamics of vowel articulation», *Language and Speech*, 25, pp.159-173.
- BLAIR, C. y SMITH, A. (1986): «EMG Recording in Human Lip Muscles. Can Single Muscles Be Isolated?», *Journal of Speech, Language and Hearing Research*, 29(2), pp. 256-266.
- CATFORD, J.C. (1988): *A Practical Introduction to Phonetics*, Oxford, Clarendon Press.
- DORTA, J. (coord.) (2003-2017): AMPERCan. [<http://ampercan.webs.ull.es/>]
- ELEJABEITIA, A.; GÁLVEZ, V., IRIBAR, A., MORALES, S., RIVERA, P. y VÉLEZ, B. (1995): «Índices de sonoridad/sordez de las oclusivas españolas». En A. Elejabeitia y A. Iribar (eds.): *Phonetica*, Bilbao, Universidad de Deusto, pp. 157-172.

- FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (1999): «Aproximación al estudio de la influencia de la velocidad de habla en grupos consonánticos intervocálicos -st-», en J. Fernández González; C. Fernández Juncal; M. Marcos Sánchez; E. Prieto de los Mozos y L. Santos Río (eds.): *Lingüística para el siglo XXI*, Salamanca, Editorial Universitaria de Salamanca.
- FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (2000): *Estudio electropalatográfico de la coarticulación vocálica en estructuras VCV en castellano*, tesis doctoral, UB.
- FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (2007): «Cuestiones metodológicas en palatografía dinámica y clasificación electropalatográfica de las vocales y de algunas consonantes linguales del español peninsular», *Estudios de Fonética Experimental*, XVI, pp. 11-80.
- FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. y MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1997): «Sobre la articulación de [t, d] en español», *Estudios de Fonética Experimental*, VIII, pp. 291-311.
- FISHER-JØRGENSEN, E. (1968): «Voicing, Tenseness, and Aspiration in Stop Consonants, with Special Reference to French and Danish», *Annual Report of the Institute of Phonetics of the University of Copenhagen*, 3, pp. 136-164.
- FOLKINS, J. W. y ABBS, J. H. (1975): «Lip and jaw motor control during speech: responses to resistive loading of the jaw», *Journal of Speech and Hearing Research*, 18, pp. 207-220.
- FOLKINS, J. W. (1981): «Muscle activity for jaw closing during speech», *Journal of Speech and Hearing Research*, 24, pp. 601-615.
- FONTDEVILA, J.; PALLARÈS, M. D. y RECASENS, D. (1994): «The contact index method of electropalatographic data reduction», *Journal of Phonetics*, 22, pp. 141-154.
- FROMKIN, V. (1965): «Some Phonetic Specifications of Linguistic Units: in Electromyographic Investigation», *Working papers in Phonetics*, 3, UCLA.
- GARCÍA ZAPIRAIN, B.; IRIBAR, A., MÉNDEZ A., OLEAGORDIA, I., PAGOLA, R.M., SÁNCHEZ, A. y TÚRREZ, I. (2013): «Studies of vocal tension in engineering and linguistic degrees using EEG signal processing», *VIII International*

- Conference on Engineering and Computer Education (ICECE'2013), Luanda, pp. 64-68. [<http://copec.eu/congresses/icece2013/proc/works/15.pdf>]
- GAY, T.; USHIJIMA, T.; HIROSE, H. y COOPER, F. S. (1974): «Effect of speaking rate on labial consonant-vowel articulation», *Journal of Phonetics*, 2(1), pp. 47-63.
- GENTIL, M. y GAY, T. (1986): «Neuromuscular specialization of the mandibular motor system: Speech versus non-speech movements», *Speech Communication*, 5, pp. 69-82.
- GENTIL, M.; GRACCO, V. L. y ABBS, J. H. (1983): «Multiple muscle contributions to labial closures during speech: evidence for intermuscle motor equivalence», *Proceedings of the 11th International Congress of Acoustics*, Paris, vol. 4, pp. 11-14.
- GENTIL, M. y MOORE, W. H. (1997): «Electromyography», en M. J. Ball y C. Code (eds.): *Instrumental Clinical Phonetics*, Londres, Whurr Publishers Ltd., pp. 64-86.
- GILI GAYA, S. (1975 [1950]): *Elementos de fonética general*, Madrid, Gredos.
- HARDCASTLE, W.J. (1973): «Some observations on the tense-lax distinction in initial stops in Korean», *Journal of Phonetics*, 1, pp. 263-272.
- HARRIS, K. S.; LYSAGHT, G. F. y SCHVEY, M. M. (1965): «Some aspects of the production of oral and nasal labial stops», *Language and Speech*, 8(3), pp. 135-147.
- HONDA, K.; BAER, T. y ALFONSO, P. J. (1982): «Variability of tongue muscle activities and its implications», *Journal of the Acoustical Society of America*, 72(S1), 03.
- IRIBAR, A.; PAGOLA, R.M. y TÚRREZ, I. (2019): «La articulación de las consonantes velares en español», *Estudios de Fonética Experimental*, XXVIII, pp. 125-160.
- JAKOBSON, R.; FANT, G. y HALLE, M. (1952): *Preliminaries to Speech Analysis*, Cambridge, MIT Press.

- JOHNSON, K. (1997): *Acoustic and Auditory Phonetics*, Oxford, Blackwell Publishing, 2003.
- LADEFOGED, P. (1971): *Preliminaries to Linguistic Phonetics*, Chicago IL, The University of Chicago Press.
- LADEFOGED, P. (1993): *A Course in Phonetics*, Fort Worth, Harcourt Brace Jovanovich.
- LADEFOGED, P. y MADDIESON, I. (1996): *The Sounds of the World's Languages*, Oxford, Blackwell.
- LIBERMAN, A. M.; INGEMANN, F.; LISKER, L.; DELATTRE, P. y COOPER, F.S. (1959): «Minimal Rules for Synthesizing Speech», *Journal of the Acoustical Society of America*, 31(1), 109.
- LIBERMAN, A.M.; DELATTRE, P.C. y COOPER, F. S. (1958): «Some cues for the distinction between voiced and voiceless stops in initial position», *Language and Speech*, 1, pp. 153-167.
- LISKER, L. y ABRAMSON, A.S (1964): «A cross-language study of voicing in initial stops: Acoustical measurements», *Word*, 20, pp. 384-422.
- LISKER, L. y ABRAMSON, A.S. (1970): «The voicing dimension: Some experiments in comparative phonetics», en B. Halá, M. Romportl y P. Janota (eds.): *Proceedings of the 6 th International Conference of Phonetic Sciences*, Praga, Academia, pp. 563-567.
- LISKER, L. (1957): «Closure duration and the intervocalic voiced-voiceless distinction in English», *Language*, 33, pp.42-49.
- LYSAUGHT, G.; ROSOV, R. J. y HARRIS, K. S. (1961): «Electromyography as a speech research technique with an application to labial stops», *Journal of the Acoustical Society of America*, 33(6), p. 842.
- MACHUCA, M. J. (1997): *Las obstruyentes no continuas del español: relación entre las categorías fonéticas y fonológicas en el habla espontánea*, tesis doctoral inédita, Universitat Autònoma de Barcelona.

- MALÉCOT, A. (1970): «The lenis-fortis opposition: Its physiological parameters», *The Journal of the Acoustical Society of America*, 47(6), pp. 1588-1592.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1984): *Fonética*, Barcelona, Teide.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1985): «¿Hasta qué punto es importante la sonoridad en la discriminación de las obstruyentes mates del castellano?», *Estudios de Fonética Experimental*, I, pp. 243-290.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1991): «Duración y tensión en las oclusivas no iniciales del español: un estudio perceptivo», *Revista Argentina de Lingüística*, 7(1), pp. 51-71.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1993): «La percepción categorial de /b-p/ en español basada en las diferencias de duración», *Estudios de Fonética Experimental*, V, pp. 223-239.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (1997): «La duración de la nasal precedente como índice de la tensión de las oclusivas españolas», en R. Escavy *et al.* (eds.): *Homenaje al profesor A. Roldán Pérez*, vol. I, Universidad de Murcia, pp. 331-339.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (2004): «Problems in the classification of approximants», *Journal of the International Phonetic Association*, 34(2), pp. 201-210.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. (2009): «Sonorización de las oclusivas sordas en una hablante murciana: problemas que plantea», *Estudios de Fonética Experimental*, XVIII, pp. 253 - 271.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. y FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (2001): «Propuesta de transcripción para la africada palatal sonora del español», *Estudios de Fonética Experimental*, XI, pp. 173-190.
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. y FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (coords.) (2003-2019): Web AMPERCAT. [<http://stel.ub.edu/labfon/amper/cast/>]
- MARTÍNEZ CELDRÁN, E. y FERNÁNDEZ PLANAS, A. MA. (2013[2007]): *Manual de fonética española. Articulaciones y sonidos del español*, Barcelona, Ariel.

- MUÑIZ CACHÓN, C. (dir.); M. ALVARELLOS PEDRERO, L. DÍAZ GÓMEZ, R. GONZÁLEZ RODRÍGUEZ y L.MENÉNDEZ SUÁREZ, L. (2011): *Los modelos entonativos en las variedades lingüísticas de Asturias: asturiano, gallego-asturiano y castellano* [en línea]. Oviedo: Base de datos audiovisual AMPER-Astur. [<http://www.unioviedo.es/labofone>]
- NAVARRO TOMÁS, T. (1977 [1918]): *Manual de pronunciación española*, Madrid, CSIC.
- NAVARRO TOMÁS, T. (1934): “Rehilamiento”, *Revista de Filología Española*, XXI, pp. 274-279.
- ÖHMAN, S. (1967): «Peripheral motor commands in labial articulation», *Dept. for Speech, Music and Hearing Quarterly Progress and Status Report*, 8(4), pp. 30-63.
- PAGOLA, R.M. (dir.); IRIBAR, A. y TÚRREZ, I. (2004-2019): *AMPER-EUSK*. [<http://amper.deusto.es>]
- PORT, R.F. (1979): «The influence of tempo on stop closure duration as a cue for voicing and place», *Journal of Phonetics*, 7(1), pp. 45-56.
- QUILIS, A. (1981): *Fonética acústica de la lengua española*, Madrid, Gredos.
- QUILIS, A. (1993): *Tratado de fonología y fonética españolas*, Madrid, Gredos.
- ROMERO, J. (1995): *Gestural organization in Spanish: An experimental study of spirantization and aspiration*, tesis doctoral, University of Connecticut.
- TORREBLANCA, M. (1976): «La sonorización de las oclusivas sordas en el habla toledana», *Boletín de la Real Academia española*, LVI(CCVII), pp.117-165.
- TULLER, B.; HARRIS, K. S. y GROSS, B. D. (1981): «An electromyographic study of the jaw muscle during speech», *Journal of Phonetics*, 9, pp. 175-88.
- TULLER, B.; HARRIS, K. S. y KELSO, J. A. S. (1982): «Stress and rate: Differential transformation of articulation», *Journal of the Acoustical Society of America*, 71, pp. 1534-1543.

VETRUGNO, R.; LIGUORI, R.; CORTELLI, P. y MONTAGNA, P. (2003): «Sympathetic Skin Response. Basic mechanisms and clinical applications», *Clinical Autonomic Research*, 13(4), pp. 256-270.

ZIMMERMAN, S. A. y SAPON, S. M. (1956): «Note on vowel duration seen across-linguistically», *Journal of the Acoustical Society of America*, 30, pp. 152-153.