



Caracterización articulatoria de /s/ en el español norteño peninsular a partir de imágenes de MRI

Alexander Iribar Ibabe ¹  0000-0002-0382-510X

Begoña García Zapirain ¹  0000-0002-9356-1186

Ibon Oleagordia Ruiz ¹  0000-0001-9730-7305

¹ Universidad de Deusto (Spain)

DOI: 10.1344/efe-2025-34-57-76

Corresponding address: alex.iribar@deusto.es

Received: 18-07-2024 Accepted: 12-02-2025 Published: 19-03-2025

Iribar Ibabe, A., García Zapirain, B., & Oleagordia Ruiz, I. (2025). Caracterización articulatoria de /s/ en el español norteño peninsular a partir de imágenes de MRI. *Estudios de Fonética Experimental*, 34, 57–76. <https://doi.org/10.1344/efe-2025-34-57-76>



Creative Commons CC BY-NC-ND 4.0 DEED
Attribution-NonCommercial-NoDerivs 4.0 International

RESUMEN

Se presenta una caracterización articulatoria del fonema /s/ en el español peninsular norteño, a partir del análisis de una colección de imágenes de resonancia magnética (MRI), en 2D y 3D. Se utiliza para el análisis un conjunto de parámetros articulatorios que se ha mostrado útil para la descripción de las sibilantes del euskara (Iribar et al., 2020, 2022, 2024). Se identifican y describen tres modelos diferentes de producción de /s/: alveolodental apical, alveolar laminar y alveolodental laminar; sólo el primero de estos modelos se corresponde con la descripción tradicional de la llamada *ese norteña*. Se estudia también la forma del canal articulatorio, que no parece guardar relación con los modelos articulatorios.

PALABRAS CLAVE

articulación; MRI; sibilantes; español norteño

Caracterització articulatòria de la /s/ en espanyol septentrional peninsular a partir d'imatges d'MRI

RESUM

Es presenta una caracterització articulatòria del fonema /s/ en l'espanyol septentrional peninsular a partir de l'anàlisi d'una col·lecció d'imatges de ressonància magnètica (MRI) en 2D i 3D. Per a l'anàlisi, s'utilitza un conjunt de paràmetres articulatoris que ha demostrat ser útil en la descripció de les sibilants de l'èuscar (Iribar et al., 2020, 2022, 2024). S'identifiquen i es descriuen tres models diferents de producció de /s/: alveolodental apical, alveolar laminar i alveolodental laminar; només el primer d'aquests models correspon a la descripció tradicional de l'anomenada "essa del nord". També s'analitza la forma del canal articuladori, que no sembla estar relacionada amb els models articulatoris.

MOTS CLAU

articulació; MRI; sibilants; espanyol del nord

Articulatory characterization of /s/ in Northern Peninsular Spanish based on MRI images

ABSTRACT

This paper presents an articulatory characterisation of the phoneme /s/ in northern peninsular Spanish, based on the analysis of a series of magnetic resonance images (MRI), in 2D and 3D. The set of articulatory parameters used in the analysis has proven useful for the description of Basque sibilants (Iribar et al., 2020, 2022, 2024). Three different models of /s/ production are identified and described: apical alveolodental, laminar alveolar and laminar alveolodental; only the first of these models corresponds to the traditional description of the so-called northern *ese norteña*. The shape of the articulatory canal, which does not seem to be related to the articulatory models, is also studied.

KEYWORDS

articulation; MRI; sibilants; Northern Spanish

1. Presentación

El presente trabajo¹ pretende ofrecer una caracterización articulatoria de la /s/ del llamado español norteño peninsular basada en el análisis de 11 colecciones de imágenes de resonancia magnética (MRI), en 2D o 3D, correspondientes a hablantes naturales de Bizkaia.

La articulación de /s/ en español fue detalladamente descrita por Navarro Tomás (1989/1918), sobre la base de sus numerosas exploraciones con rayos X. Navarro distingue dos grandes variantes: la peninsular castellana (centro y norte peninsular), apical, y la meridional (Andalucía y buena parte de Hispanoamérica), predorsal. El primer tipo se describe con precisión:

[...] la punta de la lengua, con la lengua u orilla intermedia entre el ápice y la cara del predorso, continúa este contacto [de los bordes de la lengua] sobre los alvéolos de los incisivos superiores, dejando en el centro, sobre la línea media de la boca, una pequeña abertura redondeada [...]; [...] el predorso de la lengua toma una forma ligeramente cóncava. [...] La punta de la lengua se eleva, estrechándose, por su línea más exterior y más próxima al ápice, contra los alvéolos superiores (Navarro Tomás, 1989/1918, p. 105-106).

Del segundo tipo, Navarro sólo señala que es «de tipo predorsal, aunque con notables variantes entre unos países y otros» (Navarro Tomás, 1989/1918, p. 107).

Durante los más de cien años transcurridos desde entonces, se han descrito innumerables variantes de /s/ en español, tanto dorsales como apicales, desde una perspectiva fundamentalmente dialectal, cuyo repaso excedería sobradamente los márgenes de este trabajo.²

Navarro (1989/1918) añade otra información relativa al castellano norteño: «entre vascos, navarros y riojanos, la *s* suele ser pronunciada con un matiz chicheante [...], empleando una mayor adherencia de los lados de la lengua al cielo de la boca y disminuyendo al mismo tiempo el redondeamiento de la abertura apicoalveolar» (Navarro Tomás, 1989/1918, p. 100). El matiz articulatorio descrito no parece afectar tanto a la forma los articuladores, como a su grado de cierre (correlato probable de la tensión).³

Desde un punto de vista general, Fernández Planas (2001) realiza una descripción de la articulación de /s/ mediante electropalatografía (EPG). Según sus datos,⁴ la máxima constricción se produce en la zona alveolar (F2-F3 del paladar artificial); no hay contacto en la zona central, aunque la articulación está marcadamente lateralizada en los cuatro informantes analizados. La articulación es siempre apical, aunque la autora parece advertir diversos grados de apicalidad en las realizaciones, que relaciona con

¹ Unos resultados provisionales fueron presentados por Alexander Iribar en el IX Congreso Internacional de Fonética Experimental (Vigo, 21-23 de junio de 2023).

² A modo de ejemplo, pueden citarse las siguientes variantes: apical (o ápico-coronal) cóncava, coronal plana y predorsal convexa (Navarro Tomás et al., 1933); apicoalveolar redondeada, apicoalveolar plana, dorsoalveolar convexa y apicoalveolar cóncava (Canfield, 1962); apicoalveolar, apicoalveolar plana y predorsodentoalveolar (Quilis, 1981); predorsodentoalveolar, alveolar postdental (Almeida y Pérez, 1991); apicoalveolar cóncava, dental predorsal, dental coronal plana (Grupo EHA, 2024); la lista podría ampliarse con facilidad.

³ Por otra parte, en un trabajo posterior, el propio Navarro Tomás —junto con otros autores— restaba importancia a

este matiz: «la pronunciación de la *s* en todo el territorio castellano, desde el cantábrico a Sierra Morena, ofrece una gran uniformidad. El que en las provincias de Castilla la Nueva la articulación de dicho sonido sea un poco más avanzada y menos cóncava que en el Norte, y el que en Navarra y en el Norte de Rioja resulte más o menos palatalizada, son circunstancias que no alteran su esencial carácter fonético» (Navarro Tomás et al., 1933, p. 274).

⁴ Los datos corresponden a cuatro informantes, procedentes de diferentes zonas de la geografía española, pero residentes en Cataluña desde antiguo. La autora considera que «hablan un castellano estándar correcto» (Fernández Planas, 2001, p. 56).

la anchura del canal (a más apicalidad, mayor estrechez).⁵

Desde una perspectiva frontal, las diferentes formas que, al parecer, puede adoptar el canal articulatorio en una consonante fricativa han sido utilizadas con fines taxonómicos. Así, se ha diferenciado, en primer lugar, entre fricativas planas (*flat*) y acanaladas (*grooved*); en segundo lugar, dependiendo de la forma o la profundidad del canal, las fricativas se han dividido también entre siseantes y no siseantes (*hisser* y *husher*). La Figura 1 muestra los cuatro esquemas articulatorios mencionados; a pesar de su aparente claridad, Ladefoged y Johnson (2001, p. 174) reconocían que no se sabe si estas distinciones pueden aplicarse en todos los casos.

Narayanan et al. (1995) muestran diferentes cortes coronales, obtenidos a partir de imágenes de MRI, de la articulación de /s/ en inglés, asimilables a la descripción teórica de la *hisser fricative*. No existen, que sepamos, imágenes similares sobre la /s/ del español.

El presente trabajo pretende, por tanto, aportar nueva información en torno a estas cuestiones sobre

la articulación de /s/ en español. Más concretamente, sus objetivos son los siguientes:

- Describir la configuración articulatoria de /s/ en el corpus analizado, por medio de una colección de parámetros articulatorios previamente establecida.
- Averiguar si existe más de un modelo articulatorio para /s/ en los informantes analizados.
- Describir la forma de la lengua desde una perspectiva frontal, y averiguar si coincide o no con la descrita para las denominadas *hissing fricatives*.
- Comparar los procedimientos articulatorios de /s/ en castellano del País Vasco con los descritos para /s/ en euskara (Iribar et al., 2020, 2022, 2024).

2. Metodología

Se analizan las imágenes de dos colecciones de MRI, obtenidas en los proyectos DAELPACE y CATESAEPRO.⁶ La primera contiene imágenes mediosagitales de 5 informantes; la segunda contiene imágenes en 3D de seis informantes.

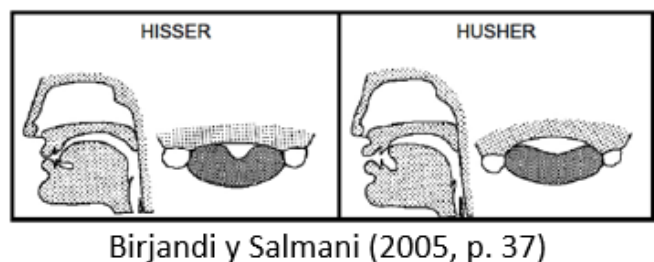
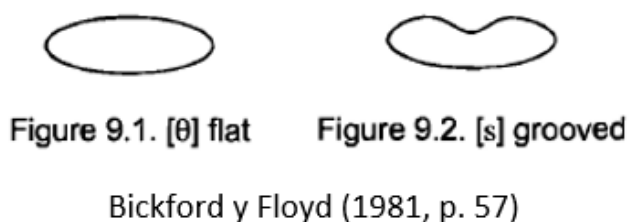


Figura 1. Esquemas articulatorios de las fricativas: *flat*, *grooved*, *hisser* y *husher*.

⁵ Kochetov y Colantoni (2011), también mediante EPG, realizan unas interesantes observaciones sobre las realizaciones de /s/ en Argentina y Cuba, aunque de escasa aplicabilidad para este trabajo.

⁶ Los proyectos DAELPACE (*Descripción articulatoria experimental de la lengua: parámetros articulatorios del castellano y el euskera mediante MRI*, financiado por el Ministerio de Ciencia e Innovación, referencia FFI2009-10706) y CATESAEPRO (*Caracterización articulatoria*

tridimensionales del español y su aplicación a la enseñanza de su pronunciación, financiado por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad, referencia FFI2013-47046-P) fueron desarrollados en el Laboratorio de Fonética de la Universidad de Deusto por un equipo interdisciplinar de fonetistas e ingenieros, liderado por Rosa Miren Pagola Petirena y en el que participaban los autores de este trabajo. Las imágenes de MRI fueron grabadas en el Hospital Quirón Bizkaia con un equipo 1.5T. GE HealthCare.

INF.	Corpus	Origen	Sexo	Edad
01	DAELPACE (2D)	Bilbao	M	50
02		Barakaldo	M	40
03		Bilbao	H	41
04		Bilbao	M	44
05		Sestao	H	55
06	CATESAEPRO (3D)	Bilbao	H	46
07		Orduña	H	39
08		Bilbao	H	51
09		Bilbao	M	56
10		Gernika	M	24
11		Sestao	M	45

Tabla 1. Informantes analizados (H: hombre; M: mujer).

En ambos casos, la captura consistía en la emisión aislada y sostenida (durante 48 segundos, pues éste era el tiempo requerido para obtener unas imágenes de una calidad adecuada para el análisis) del elemento [s], tras la repetición inicial de una sílaba con la vocal abierta (es decir, [sasasas:]) para asegurar la adecuada producción consonántica.

Cada captura del corpus DAELPACE consta de 24 imágenes, algunas de las cuales –dependiendo de los casos– deben desecharse, porque corresponden a movimientos involuntarios (deglución, respiración, etc.) que alteran momentáneamente la posición.

En el corpus CATESAEPRO, a partir de los cortes sagitales (56), coronales (256) y axiales (256), y mediante un proceso de segmentación manual realizado con el software ITK-Snap (Yushkevich et al., 2006), se obtuvo la reconstrucción de las estructuras anatómicas implicadas en la articulación (la lengua y las cavidades, en este caso).

Los informantes analizados son ocho en total, porque tres de ellos fueron grabados en las dos colecciones. Concretamente, son la misma persona los informantes 01-09, 03-06 y 02-11. Todos ellos son vizcaínos, con estudios superiores, y el español es siempre su lengua materna, aunque se dan unos pocos casos de bilingüismo (con euskara, inglés o alemán)⁷. Los datos completos aparecen en la Tabla 1.

Los informantes fueron analizados acústicamente para comprobar su idoneidad y debidamente entrenados para la realización de la sesión de grabación.

El material lingüístico obtenido (que puede examinarse en los Anexos 1 y 2) ha sido analizado mediante una colección de parámetros articulatorios preestablecida siguiendo el modelo seguido por Iribar et al. (2020). La Tabla 2 muestra todos los parámetros, que pueden ser cuantitativos y cualitativos, y variar ligeramente según la colección.

Se distinguen, en principio, dos zonas en el articulador pasivo (alveolar y alveolo-dental)⁸ y tres en el articulador activo (ápice, ápice-lámina y lámina-

⁷ Concretamente, el alemán es la L2 de I01-09, adquirido en su edad adulta; el inglés es la L2 de I03-06, también adquirido en su edad adulta; el euskara es la L2 de I10, adquirido en la escuela. En ningún caso el bilingüismo ha supuesto

ningún cambio apreciable en el castellano de los informantes.

⁸ El contacto dental es difícil de precisar, puesto que, como es sabido, las imágenes de MRI convencional no muestran elementos duros, como huesos o dientes.

dorso). La constricción secundaria puede localizarse en el velo, la úvula o la faringe. La longitud de la constricción principal puede medirse en las imágenes midsagitales, pero en las reconstrucciones 3D puede precisarse el ancho, el largo y el volumen de la constricción.

Los parámetros de lengua son todos descriptivos.⁹ El ápice puede destacarse con claridad o adoptar una forma redondeada; además, puede o no entrar en contacto con los incisivos inferiores (en adelante CII). La lámina lingual puede adoptar una forma

recta o curvada; el dorso o el cuerpo central puede estar recto, cóncavo o cóncavo-convexo. En las imágenes tridimensionales puede observarse con detalle la posible existencia de una depresión central en el cuerpo lingual. El plano general de la lengua puede ser recto, ascendente o descendente. El punto más alto del arco lingual (en adelante PMADAL) puede localizarse en el paladar, el velo o la frontera velo-palatina. La raíz lingual puede estar recta o retrasada; las reconstrucciones tridimensionales, además, pueden mostrar un posible acanalamiento de la raíz.

	Parámetros cualitativos (descriptivos)		Parámetros cuantitativos	
	2D	3D	2D	3D
De constricción	Articulador pasivo			
	Articulador activo			
	Constricción secundaria			
	Longitud		Longitud	Largo
		Ancho		
		volumen		
De lengua	Contacto incisivos inferiores			
	Ápice: forma			
	Lámina (predorso): forma			
	Cuerpo (dorso): forma			
		Depresión central		
	Plano			
	Punto más alto del arco lingual			
	Raíz			
	Acanalamiento			
De labios	Distancia interlabial		Distancia interlabial	
De cavidades	Externa (sublingual)		Externa	Externa
	Bucal		Bucal	Bucal
	Faríngea		Faríngea	Faríngea

Tabla 2. Colección de los parámetros articulatorios analizados.

⁹ Se tomaron diferentes medidas volumétricas (en el ápice y la lámina, especialmente), pero no se han utilizado en este análisis.

El resto de los parámetros aparecen repetidos como cualitativos y cuantitativos. Su naturaleza es obviamente cuantitativa, puesto que se trata de medidas lineales (distancias en mm), de superficie (áreas del plano de una cavidad, en mm²) o volumétricas (volumen de una cavidad, en mm³). Sin embargo, a partir de los valores reales, puede efectuarse una clasificación descriptiva en tres grados (pequeño, mediano y grande), para facilitar así su manejo conjunto con el resto de los parámetros.

La *discretización* de la variable continua se realiza a partir de los datos numéricos, manteniendo el grado intermedio como el no marcado de la gradación, y señalando como grande o pequeño sólo los valores claramente destacados, como se muestra en el ejemplo de la longitud de la constricción que se muestra en la Figura 2.¹⁰

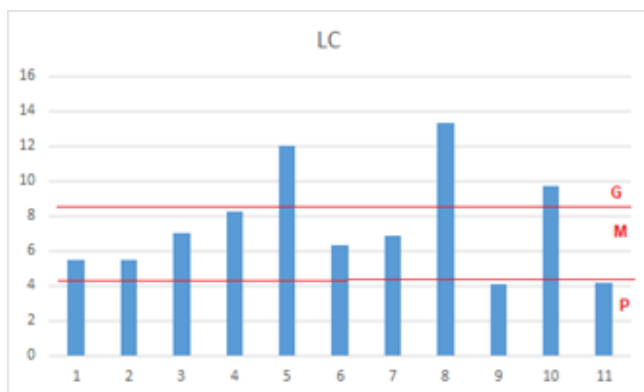


Figura 2. Valores de la variable LC (longitud de la constricción) de los 11 informantes, clasificados en tres grados: G (grande), M (mediano) y P (pequeño).

Las mediciones de los parámetros en 2D se realizaron con el programa DicomPas (García Arroyo et al., 2013); para las medidas en 3D se utilizó el mencionado ITK-Snap. Los parámetros cualitativos también se definieron con ayuda instrumental, puesto que ambos programas permiten ajustar la imagen (niveles de zoom, de luz, de contraste), trazar puntos y líneas de referencia, etc. A pesar de este

apoyo instrumental, es preciso reconocer la dificultad que entraña la asignación de valores: algunas diferencias son sutiles, es difícil mantener el mismo criterio con todos los informantes, la articulación no es completamente estable en el tiempo, etc.

3. Análisis de las imágenes 2D: los modelos articulatorios

Se analizan primero las imágenes bidimensionales. En el caso de CATESAEPRO, se analiza únicamente el corte mediosagital de cada producción.

La constricción de [s] se localiza habitualmente en la zona adelantada de los alveolos, muy próxima o ya en contacto con la zona dental, aunque también hay algunas articulaciones algo más atrasadas, es decir, plenamente alveolares. El articulador activo es en la mayoría de los casos la lámina, frecuentemente en su parte más posterior, en contacto con el principio del dorso. No obstante, también hay articulaciones más adelantadas, lámino-apicales o plenamente apicales.

La longitud de la constricción principal es variable. Prácticamente siempre aparece una constricción faríngea secundaria y también, frecuentemente, otra constricción secundaria en la zona uvular.

La lengua no entra en contacto con los incisivos inferiores, salvo en tres casos. El ápice, salvo en otros tres casos, no se destaca. La lámina y el dorso pueden estar tanto rectos como curvados; el plano lingual es variable, lo mismo que el PMADAL; la raíz casi siempre se encuentra retrasada.

La distancia interlabial es muy variable, pues oscila entre los 1,17 y los 13,04 mm (informantes 06 y 07, en adelante I06 e I10). Las áreas de las cavidades bucal y faríngea son bastante similares, y no hay una tendencia clara acerca de cuál de las dos es de mayor tamaño.

¹⁰ En el procedimiento de discretización se tuvieron en cuenta los valores de media y desviación de cada caso, pero la clasificación definitiva se realizó atendiendo a

nuestro criterio consensuado, mediante un proceso de deliberación y acuerdo en el seno del equipo de investigación.

		Modelos articulatorios			S1			S2			S3				
		Informantes			01	09	11	02	03	06	07	10	04	05	08
Parámetros cualitativos	Constricción	Art. pasivo	AD			AD			A			A	AD		
		Art. activo	A			A-L	L			L-D		L-D			
		Constr. secund.	F			F	U,F	U	U,F		U,F				
		Longitud	M	P		M			G		M	G			
		CII	N			N			S						
	Lengua	Ápice: forma	D			R			R						
		Lámina. Forma	R			R	C			C					
		Dorso: forma	R	CC		R	CC	R	C	C	R				
		Plano	A			R	D	A	R	A	R				
		PMADAL	V-P	P		V-P	Pr	V-P		V	V-P				
		Raíz: posición	A			A			R	A	A				
	Labios	Distancia LL	M	P	M	M	P		G	M	P				
	Cavidades	CE	P		M	M			G	G	P	M			
		CB	M	G		G		M	P	P	M	P			
		CF	M			M	G		M	P	M	P			
		CB>CF	S			S	N		S		N				

Tabla 3. Parámetros característicos de los tres modelos articulatorios de [s]. Códigos utilizados: Articulador pasivo (Art. pasivo): alveolo-dental (AD), alveolar (A). Articulador activo (Art. activo): apical (A), ápico-laminal (A-L), laminar (L), lámino-dorsal (L-D). Constricción secundaria (Constr. secund.): uvular (U), faríngea (F). Longitud de la constricción (Longitud): pequeña (P), mediana (M), grande (G). Contacto con los incisivos inferiores (CII): sí (S), no (N). Ápice: forma: redondeado (R), destacado (D). Lámina: forma: recto (R), curvado (C). Dorso: forma: recto (R), convexo (C), cóncavo-convexo (CC). Plano: recto (R), ascendente (A), descendente (D). Punto más alto el arco lingual (PMADAL): prepaladar (PR), paladar (P), frontera velo-palatina (V-P), velo (V). Raíz: posición: recta (R), atrasada (A). Cavidades externa (CE), bucal (CB) y faríngea (CF): pequeña (P), mediana (M), grande (G). Relación entre las cavidades orales (CB>CF): cavidad bucal mayor (S), cavidad bucal menor (N).

La distribución de los valores de los parámetros cualitativos de los 11 informantes permite distinguir tres modelos articulatorios de [s], como se muestra en la Tabla 3.

Conviene hacer algunos comentarios sobre la información de la Tabla 3:

- Es preferible la denominación alveolo-dental, en lugar de la más habitual de dentoalveolar, porque expresa algo mejor el carácter adelantado –casi dental– de la constricción articulatoria.
- Algunas articulaciones marcadas como alveolares son, efectivamente, algo más atrasadas que

las demás, pero siguen siendo bastante adelantadas (nunca podrían describirse como postalveolares).

- Hay un número, no demasiado alto, de especificaciones dudosas (longitud de la constricción de I01, CII de I10, ápice de I11, dorso de I10 e I11).
- Aunque el plano general de la lengua sea recto, suele haber un ligero retraimiento de la parte posterior de la lengua que hace que el PMADAL se localice en la frontera velo-palatina (I02, I08, I10).

En cuanto a los informantes repetidos, I01-I09 e I03-I06 repiten el mismo modelo, aunque no coincidan todas sus especificaciones. El caso de I02-I11

es más dudoso: se ha colocado en dos modelos distintos por la diferente especificación del ápice, aunque también podrían haber sido clasificados en el primer modelo.

Estas especificaciones permiten caracterizar suficientemente los tres modelos articulatorios detectados, que se muestran en la Tabla 4. En esta ocasión aparece tanto la información cualitativa como la

cuantitativa. Como ejemplo de los tres modelos podrían presentarse las articulaciones de I09, I06 e I05, respectivamente (véase el Anexo 1).

El primer modelo articulatorio (S1) consiste en una constricción alveolodental apical, con una longitud corta. El ápice lingual está destacado y la lámina, recta; el plano general es ascendente, con una forma general cóncavo-convexa. La distancia interlabial es media. La CE es pequeña¹¹ y la CB es mayor que la CF.

[s]	Modelos articulatorios		S1	S2	S3
Parámetros cualitativos y cuantitativos	Constricción	Art. Pasivo	AD	A(ad)	AD(a)
		Art. Activo	A	L(a-l,l-d)	L-D
		Constr. secund.	F	F(u,f)	U,F
		Longitud	P(m) 4,58	M(g) 7,15	G(m) 11,40
	Lengua	CII	N	N	S
		Ápice: forma	D	R	R
		Lámina. Forma	R	C(r)	C
		Dorso: forma	CC(r)	CC,R(c)	C(r)
		Plano	A	R,D(a)	R(a)
		PMADAL	V-P(p)	Pr,V-P	V-P(v)
		Raíz: posición	A	A(r)	A
	Labios	Distancia LL	M(p) 5,53	P(m,g) 6,13	P(m) 4,91
	Cavidades	CE	P(m) 60,04	M(g) 111,20	P,M,G 85,85
		CB	G(m) 591,12	G(p,m) 559,44	P(m) 446,20
		CF	M 475,32	G(m) 668,86	P(m) 333,70
		CB>CF	S 80,16	N(s) 127,34	S(n) 75,15

Tabla 4. Caracterización de los tres modelos articulatorios de [s]. Códigos utilizados: véase la Tabla 3. Los paréntesis y el guion indican alternancia; las minúsculas, variantes minoritarias; el ángulo (>), una ligera preminencia. Los valores de distancia (Longitud y Distancia LL) se expresan en mm; los de área (CE, CB y CF), en mm².

¹¹ La CE de I01 e I09 es, efectivamente, la menor de todas (41,78 y 40,37 mm², respectivamente). El valor es notablemente mayor en I11 (97,89 mm²), que, de hecho, está más

cerca de los de S2, que oscilan entre 71, 41 mm² (I06) y 94,76 mm² (I07), con una notable excepción que se comentará más adelante

El segundo modelo articulatorio (S2) es una constricción alveolar (a veces con algo de dentalidad) laminar. El punto concreto de la lámina puede moverse algo hacia atrás o hacia adelante. El ápice lingual aparece redondeado y la lámina, curvada (aunque no siempre). El plano y la forma general son variables, así como la distancia interlabial. La CE es, en general, media, pero arroja el valor medio más elevado debido al valor muy grande del I10 (211, 35 mm2). La CB es menor que la CF, con la excepción del INF 02.

El tercer modelo articulatorio (S3) es una constricción alveolodental laminar (con algo de dorsalidad en ocasiones) de gran longitud. El ápice está redondeado y la lámina, curvada; existe contacto con los incisivos inferiores. El cuerpo lingual es recto y adopta habitualmente una forma curvada. La distancia interlabial es pequeña. La CE es variable y la CB resulta siempre mayor que la CF.

4. Análisis de las imágenes 3D

Se analizan en este apartado las reconstrucciones tridimensionales de los seis informantes del corpus CATESAEPRO.

4.1. Observaciones generales

En primer lugar, todas las articulaciones están lateralizadas, como puede verse con el ejemplo de la Figura 3. Se trata de un fenómeno natural muy habitual, tanto en la articulación de /s/ en castellano (Fernández Planas, 2001, con EPG) como en euskara (Iribar et al., 2020 y 2022, con MRI).

En segundo lugar, la forma cóncava-convexa de algunas imágenes de 2D corresponde, en realidad, a una depresión central, como muestra la Figura 4.

Esta depresión central (*deep pit* o *wide pit*) no es en modo alguno desconocida y constituye «perhaps the most remarkable but least remarked feature of the articulatory gesture for English s» (Ladefoged y Maddieson, 1996, p. 146).

En el corpus CATESAEPRO, esta depresión presenta formas variables (que guarda relación con el acanalamiento lingual) y parece más bien un fenómeno característico o propio de cada informante, puesto que está presente en la articulación de casi todo su inventario consonántico.¹²

Por último, conviene recalcar que el ápice lingual no es homogéneo, ni en el eje horizontal ni el vertical, de modo que la especificación sobre su comportamiento puede variar según el lugar preciso de la cavidad bucal que se examine. Un ejemplo de esto se muestra en la Figura 5: según el punto de observación, la articulación puede mostrar o no una cierta retroflexión.

4.2. Los modelos articulatorios

Las imágenes 3D (y sus consiguientes reconstrucciones) aportan, indudablemente, una mayor información sobre la articulación, que puede aportar ciertas precisiones o matizaciones a los modelos ya descritos a partir de las imágenes en 2D, especialmente en lo concerniente a la constricción articulatoria.

En el primer modelo (S1), alveolodental apical, el canal se ubica sobre la lámina lingual. Cuando la lengua comienza a descender hacia el ápice, el canal desaparece (como puede observarse en las imágenes del Anexo 2). También se aprecia la depresión central, asociada —en especial en I06— al acanalamiento general de la lengua.

¹² Hay que tener en cuenta que las sesiones de grabación incluyeron, en los dos corpus, el inventario segmental completo del castellano.

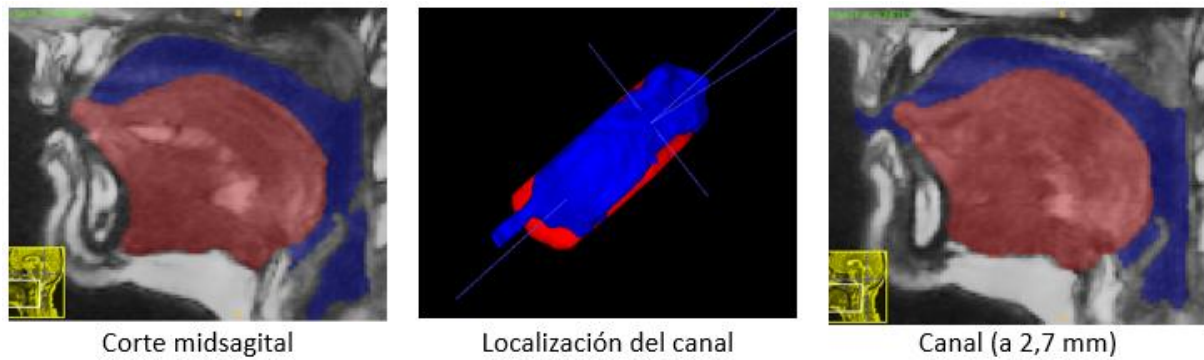


Figura 3. Articulación lateralizada de [s] de I09.

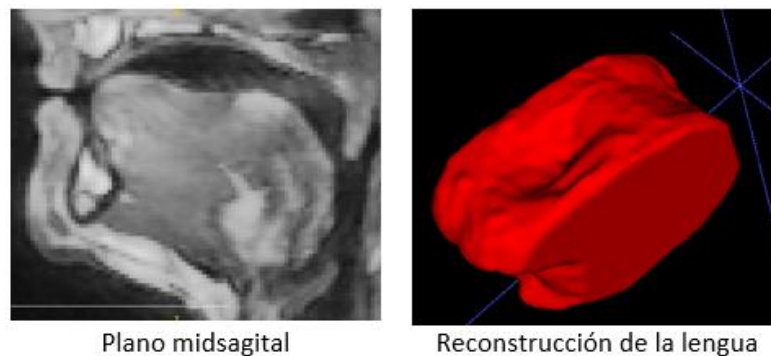


Figura 4. Dos imágenes de la forma lingual de [s] de I09.

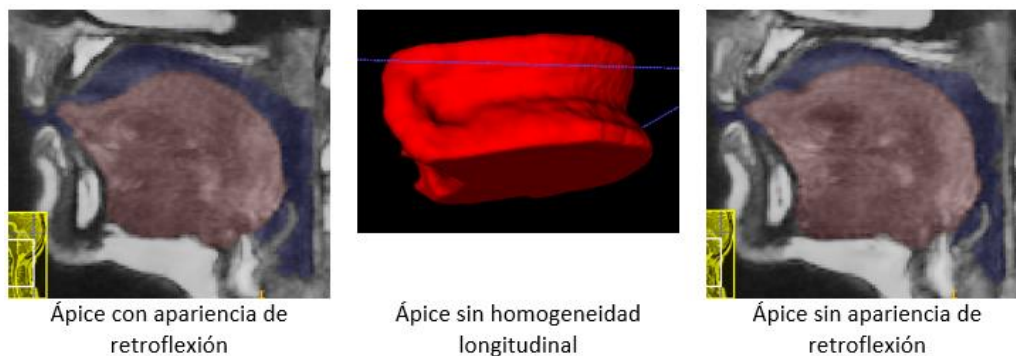


Figura 5. Vista cenital de la lengua del INF 10 (centro) y dos imágenes sagitales separadas por 1,9 mm.

En el segundo modelo (S2), alveolar laminar, el canal articulatorio ocupa el inicio de la zona descendente del extremo lingual, aunque puede comenzar incluso antes. El caso de I10 es diferente, porque, excepcionalmente, no presenta un canal articulatorio visible en la lengua.¹³

El único informante del tercer modelo (S3), alveolodental laminar, presenta un canal articulatorio largo y muy estrecho¹⁴ en la parte trasera de la lámina, más bien en el predorso. Presenta también una ligera depresión central, no asociada al acanalamiento.

¹³ Esta informante presenta otra singularidad reseñable: su cavidad externa es mucho mayor que las demás, lo mismo que su distancia interlabial

¹⁴ De hecho, la reconstrucción no muestra un canal continuo, porque no siempre hay dos vóxeles contiguos en toda la

Por otra parte, los valores volumétricos de las constricciones muestran unas diferencias bastante claras entre los tres modelos, como se aprecia en la Tabla 5: S1 tiene el canal más pequeño y S2, el más grande; S3 ocupa una posición intermedia puesto que su canal es muy largo pero muy estrecho. De modo similar, el volumen de la CE es más pequeño en S1 y notablemente mayor en S2, mientras que S3 ocupa una posición intermedia.

4.3. La forma del canal articulario

Con el corte adecuado de las imágenes coronales, puede examinarse la forma del canal articulario desde una perspectiva frontal. La Figura 6 muestra las imágenes correspondientes (con diferentes grados de *zoom* en cada caso).

Modelos articularios	S1		S2			S3
informantes	09	11	06	07	10	08
Volumen constricción (mm ³)	65,13	27,5	95,68	98,19	121,1	78,28
	46,13		105,32			78,28
Volumen CE (mm ³)	1247	1611	1521	1908	4642	1555
	1429,00		2690,33			1555

Tabla 5. Valores individuales y medios del volumen de la constricción y de la cavidad externa (CE).

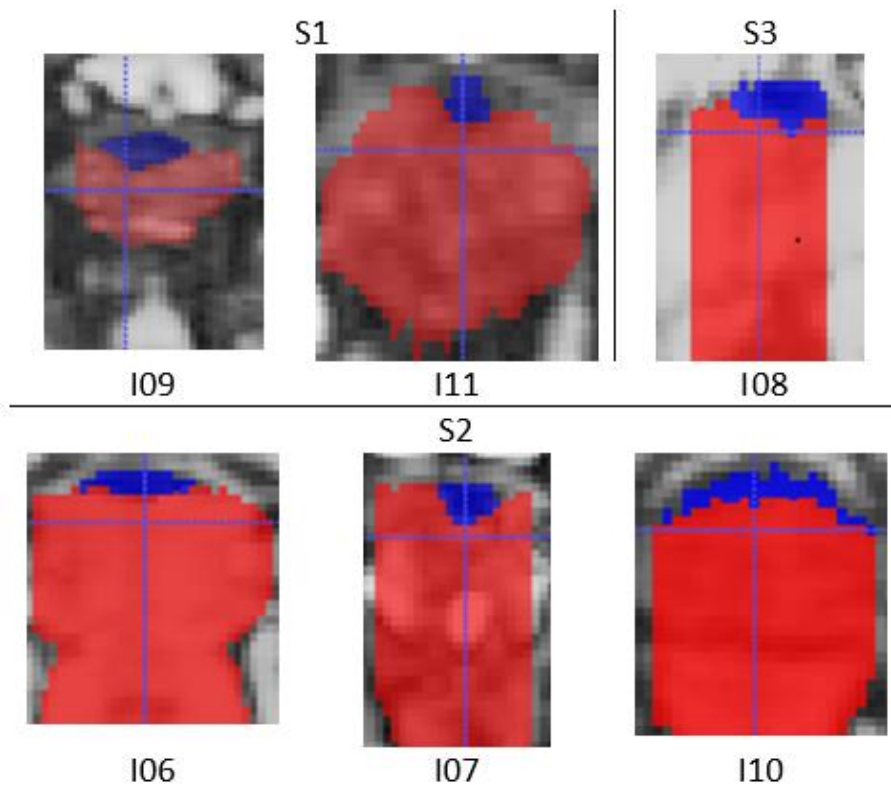


Figura 6. Lengua y forma del canal articulario en la constricción.

longitud del canal. Esto no quiere decir que se produzca ningún cierre articulario, sino que, simplemente, la reconstrucción no muestra un canal continuo por ser excesivamente estrecho.

En primer lugar, hay que aclarar que las formas de la Figura 6 no corresponden, en realidad, al momento de la constricción, sino al momento inmediatamente anterior. La constricción en sí es un canal demasiado estrecho para adoptar forma definida alguna. A modo de ejemplo, la Figura 7 (correspondiente a I09) indica, mediante los cursores, la localización exacta del corte coronal que se muestra en la Figura 6.

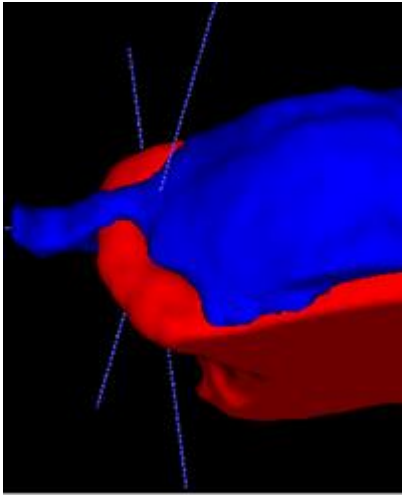


Figura 7. Localización del corte coronal de la Figura 6 (I09).

De acuerdo a las imágenes obtenidas, el canal articulatorio de [s] –o, mejor dicho, el punto anterior a su inicio– puede aportar formas muy diferentes. Así, I09, I11 (S1) e I07 (S2) presentan una forma cóncava, más o menos acusada. El caso de I08 (S3) es menos claro, porque su forma general es más bien recta, aunque presenta una hendidura mínima, asimilable a una forma cóncava. Quien sí presenta una forma más nítidamente recta es I06 (S2). El caso de I10 es –como podía preverse por lo expuesto en el subapartado anterior– más extraño, porque su forma es claramente convexa.

En definitiva, la forma del canal articulatorio no es homogénea y no parece guardar relación con los modelos articulatorios.

5. Discusión

Los resultados presentados posibilitan una discusión en torno a tres asuntos principales.

5.1. Sobre los modelos articulatorios

En primer lugar, el descubrimiento de varios modelos articulatorios para el fonema /s/ en el español de Bizkaia no resulta sorprendente, puesto que trabajos anteriores también han encontrado varios modelos de producción para otros elementos (Iribar et al., 2014, 2019a, 2019b, 2019c, 2020, 2022 para consonantes alveolares y velares, en euskara y en castellano).¹⁵ Sin embargo, parece que /s/ podría llegar a tener más modelos articulatorios que las demás consonantes (o la mayoría de ellas, al menos). Esto puede parecer contradictorio con la idea comúnmente aceptada de que las sibilantes poseen unos estrictos requisitos articulatorios (Ladegofed y Maddieson, 1996, p. 137). Sin embargo, precisamente por esos requisitos estrictos para conseguir el resultado acústico adecuado, esta articulación puede resultar más dependiente que otras de la particular configuración oral de cada hablante (Fletcher y Newman, 1991, p. 856; Ladegofed y Maddieson, 1996, p. 146), lo que explicaría la mayor variación interpersonal en los modelos de producción.¹⁶

En teoría, estos estrictos requisitos articulatorios deben, además, mantenerse durante el tiempo de emisión de la sibilante (Ladegofed y Maddieson, 1996, p. 137), de modo que los movimientos microarticulatorios que pudieran observarse en las 24 imágenes de cada elemento del corpus DAELPACE deberían ser, previsiblemente, menores en [s] que en otras

modelos diferentes (aunque con grandes afinidades, como se señaló en su momento). En todo caso, las especificaciones de los parámetros de los tres pares de realizaciones nunca son idénticos.

¹⁵ Sí contrasta, en cambio, con la afirmación tradicional de que la ese meridional posee numerosas variantes, pero la norteña es, básicamente, siempre la misma (Navarro Tomás et al., 1933, p. 274).

¹⁶ También conviene recordar que dos de los tres informantes que repiten grabación realizan el mismo modelo de articulación en los dos corpus, mientras que el tercero realiza dos

consonantes continuas. Sin embargo, esto no sucede, al menos aparentemente,¹⁷ aunque deberá ser confirmado por un análisis *ad hoc*.

En cuanto a los tres modelos en sí, sólo el primero (S1) podría asimilarse a la caracterización habitual de la “ese apical castellana”, aunque no es exactamente alveolar, sino dentoalveolar.¹⁸ El modelo plenamente alveolar (S2) no es apical, sino laminar. Por último, el modelo dentoalveolar laminar (S3) se corresponde más bien con la llamada «ese dorsal andaluza o hispanoamericana» (Navarro Tomás, 1989/1918, p. 108).

Según la descripción tradicional de la /s/ apical castellana (Navarro Tomás, 1989/1918, p. 105-108), el predorso lingual adopta un contorno ligeramente cóncavo. En nuestras imágenes, la lámina está siempre recta, pero la parte posterior sí presenta una forma cóncava-convexa (en las imágenes midsagittales) que explica la concavidad con la que se suele describir esta articulación; sin embargo, las reconstrucciones 3D muestran que no se trata de una forma general del contorno lingual, sino de una depresión central (la *deep pit* señalada por Hardcastle, 1974, por Narayanan et al., 1995 o por Ladefoged y Maddieson, 1996).

Por su parte, los dos modelos laminares (S2 y S3) tienen la lámina curvada (es decir, ligeramente convexa), por lo que se corresponderían mejor –sobre todo S3– con la /s/ articulada en el resto del dominio hispanohablante (Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007, p. 100).

Para el inglés, Narayanan et al. (1995) concluyen que las sibilantes apicales son más adelantadas (dentoalveolares) y más acanaladas (*grooved*), mientras que las laminares son más atrasadas

(postalveolares) y menos acanaladas. Con nuestros datos, no puede decirse que los modelos laminares sean ni más atrasados, ni tampoco menos acanalados; por tanto, no pueden relacionarse –como hacen estos autores– la forma del canal y su localización.

Los tres modelos son, en general, bastante adelantados, de modo que no se ha encontrado rastro de ese matiz prepalatal del que hablaban Navarro Tomás et al. (1933, p. 274) para la /s/ del País Vasco.

5.2. Sobre los parámetros articulatorios

Los parámetros relativos a la constricción articulatoria son muy delicados, porque resulta muy difícil en la práctica diferenciar entre zonas tan pequeñas y contiguas en los articuladores activos y pasivo.¹⁹ En todo caso, la información sobre dichos articuladores no es suficiente para la descripción fonética de los modelos de producción de /s/.

Los parámetros que permiten distinguir los tres modelos son la longitud y el volumen de la constricción y el área y el volumen de la cavidad externa. En tres de estos parámetros (área y volumen de CE y volumen de la constricción), la gradación de los valores es S1<S3<S2; el parámetro de longitud de la constricción, en cambio, los ordena S1<S2<S3.

Chomsky y Halle (1968/1979, p. 192-195) afirman que las fricativas laminares tienen una constricción más larga que las apicales. Según eso, los parámetros de constricción (volumen y, especialmente, longitud) deberían haber discriminado S1 (apical) de S2 y S3 (laminares), pero no estos dos últimos modelos entre sí. Dart (1991, p. 140) matiza que un hablante con un arco alveolar muy pronunciado puede producir laminares cortas, mientras que otro ha-

¹⁷ Véase la nota 12.

¹⁸ La ese dental ([ʃ̺]) está ampliamente descrita en español (véase, por ejemplo, Martínez Celdrán y Fernández Planas, 2007, p. 112-115), pero siempre como resultado de un proceso de asimilación ante consonantes dentoalveolares. El contacto de S1 es alveolar, pero involucra también la zona dental, lo que, por otra parte, no es algo extraordinario, habida cuenta de la cercanía de las dos zonas.

¹⁹ En este punto, podría hacerse una reflexión más general acerca de las descripciones y clasificaciones articulatorias tan sutiles que se han hecho tradicionalmente sobre la /s/ en el dominio hispánico, a menudo basándose en datos acústicos que difícilmente podrían justificar dichas distinciones, o incluso a partir sólo de la propia percepción auditiva.

blante con el arco alveolar más rebajado puede producir laminares más largas. Sin embargo, los informantes de S3 tienen, en general, un paladar más elevado y un arco alveolar ligeramente más pronunciado que los de S2,²⁰ pero producen las constricciones más largas.

La longitud de la constricción de las eses analizadas oscila entre 4,58 mm (S1) y 11,40 mm (S3). Se trata de un rango mucho mayor que el obtenido por Iribar et al. (2020) para la ese (grafía <s>) del euskara (entre 4,69 y 6,28 mm). Fletcher y Newman (1991) proponen que la longitud ideal para producir la /s/ inglesa oscila entre 6 y 7 mm, aunque uno de sus informantes presenta un canal de 11,5 mm.

La longitud de la constricción es un parámetro útil para discriminar entre /s/ y /ʃ/ en inglés (Fletcher y Newman, 1991), o entre /s̺/, /s̠/ y /ʃ/ en euskara (Iribar et al., 2024). Tal vez el rango amplio de este parámetro en castellano pueda deberse a la existencia de un único fonema sibilante. En todo caso, el parámetro sirve para diferenciar los diferentes modelos articulatorios del fonema.

Iribar et al. (2022) señalaban que las realizaciones sibilantes con contacto lingual en los incisivos inferiores mostraban las CE más pequeñas. En esta ocasión, en cambio, la CE más pequeña (área y volumen) es la de S1, que no presenta contacto lingual con los incisivos inferiores, aunque es verdad que la CE de S3 –con contacto– es de un tamaño parecido. El parámetro CE es útil para distinguir /s̺/ de /s̠ - ʃ/ en euskara (Iribar et al., 2024), pero Shadle et al. (2008) no lo encontraron relevante para el modelado artificial de las diferentes fricativas. El caso es que, como reconocían Shadle et al. (2009), la CE es sólo uno de los factores que pueden afectar a una distinción entre las sibilantes.

Dos parámetros permiten distinguir S1 y S2 de S3: CII y forma del ápice. Otros dos parámetros permiten distinguir S1 de S2 y S3: forma de la lámina y plano lingual. La información sobre el tamaño de las cavidades no ofrece una información suficientemente clara, aunque tal vez permitiría distinguir S2 de S1 y S3.

En cuanto a la forma del canal articulatorio –o, más precisamente, del punto anterior a su inicio–, algunos informantes se corresponden claramente con las llamadas *grooved fricatives* (Bickford y Floyd, 1981/2006). Así, I07 (S2) podría clasificarse como *hisser*, mientras que I09 e I11 (S1) serían más bien *husher* (Birjandi y Salmani-Nodoushan, 2005). El caso de I08 (S3) es menos claro, porque su forma general es más bien recta, aunque presenta una hendidura mínima, asimilable a una forma *hisser*. Quien sí presenta una forma más nítidamente recta es I06 (S2). El caso de I10 es –como podía preverse por lo expuesto en el subapartado 4.2– más extraño, porque su forma es claramente convexa, lo que correspondería, en teoría, a una *flat fricative* (Bickford y Floyd, 1981/2006).

En definitiva, la forma del canal articulatorio es muy variable y no responde a las descripciones teóricas, o no lo hace siempre, al menos. Sin embargo, Bresch et al. (2008) encuentran una forma *grooved* bastante homogénea en la /s/ del inglés, aunque muy sujeta a la influencia del contexto vocálico.²¹

En cuanto al canal en sí, las reconstrucciones 3D coinciden con Narayanan et al. (1995, p. 1332), quienes señalaban que la forma transversal de la constricción de /s/ se parece más a una hendidura que a un orificio circular, debido a la superficie plana de la lengua en el momento de la constricción.

²⁰ Las medidas de distancias y ángulos que sustentan esta afirmación fueron tomadas para todos los informantes mediante el programa Dicompas.

²¹ Efectivamente, es sabido que, en habla real, el contexto vocálico es uno de los mayores factores de variación de las

sibilantes (Shadle et al., 2008, por ejemplo). Los materiales analizados en este trabajo lo neutralizan, de modo que no sería sorprendente que, de haber incorporado diferentes contextos vocálicos, el comportamiento de los parámetros hubiera sido más irregular.

	Euskara	Castellano
S1	Apicoalveolar Constricción corta Ápice destacado, lámina recta Dorso CC-R CB>CF	Apical alveolodental Constricción corta Ápice destacado, lámina recta Dorso CC(r) CB>CF
S2	Laminoalveolar (a veces dental) Constricción pequeña Ápice destacado, lámina recta o curvada CB>CF	Laminoalveolar (a veces dental) Constricción media Ápice redondeado, lámina curvada CB<CF
S3	Laminar dentoalveolar Constricción larga Ápice redondeado, lámina curvada, CII Dorso R-C CB>CF-CB<CF	Laminar alveolodental Constricción larga Ápice redondeado, lámina curvada, CII Dorso C(r) CB>CF

Tabla 6. Caracterización de los tres modelos articulatorios de [s] en euskara y castellano.

5.3. Comparación con la *ese* del euskara

Iribar et al. (2020 y 2022) distinguieron también tres modelos articulatorios para la *ese* apical (transcrita habitualmente como /s̺/, grafía <s>) del euskara.²² Puede resultar interesante comparar esos modelos con los tres descritos para la *ese* del castellano de Bizkaia. Como se muestra en la Tabla 6, dos de los modelos (S1 y S3) son bastante similares en las dos lenguas, mientras que los modelos clasificados como S2 son diferentes.

S1 es prácticamente igual en las dos lenguas, pero el articulador pasivo parece más adelantado en castellano. Esto podría parecer concordante con lo que se ha solido afirmar acerca del carácter algo más retrasado de la *ese* vasca (Navarro Tomás, 1923, Alonso, 1923, Yarnoz, 2002 y Jurado Jurado Noriega, 2011, entre otros muchos), pero lo que estos autores sostienen es que la vasca es más atrasada, no que la castellana sea más adelantada.

S3 es prácticamente igual, salvo por la proporción de las cavidades bucal y faríngea: en castellano, la

bucal siempre es mayor, mientras que en euskera lo es sólo en la mitad de los casos.

La constricción de S2 es similar en cuanto a sus articuladores, aunque la longitud es algo mayor en castellano: 7,15 mm frente a los 6,41 del modelo en euskara (Iribar et al., 2020, p. 6). Sin embargo, el ápice lingual y la relación de tamaños de las cavidades bucal y faríngea son claramente diferentes en los dos modelos.

6. Conclusión

Se ha descrito con cierto detalle la articulación de /s/ en el castellano de Bizkaia, a partir del análisis de las imágenes de dos colecciones de MRI. Se han encontrado tres modelos diferentes de producción, algunos de los cuales no se corresponden con lo señalado habitualmente para el castellano norteño. En definitiva, puede afirmarse que la tradicionalmente llamada *ese* apical norteña no posee un único modo de producción.

²² El euskera, de acuerdo a la descripción generalmente aceptada, posee un subsistema de consonantes sibilantes de seis elementos, tres fricativos (transcritos habitualmente como /s̺, s̺̺, j/, grafías <z, s, x>) y tres africados (/t̺s̺, t̺s̺̺, t̺j/, grafías <tz, ts, tx>) (Hualde et al., 2010, entre otros muchos).

Una visión general de la articulación de las tres fricativas se encuentra en Iribar et al. (2024).

Sería conveniente ampliar el número de informantes analizados, para comprobar hasta qué punto la realidad se vuelve más compleja o, por el contrario, las regularidades articulatorias se van haciendo cada vez más patentes. En este sentido, sería interesante que más informantes fueran grabados en más ocasiones, para avanzar también así en el análisis de la variación intraindividual en la producción. También resultaría muy conveniente analizar diferentes contextos vocálicos e introducir imágenes de rtMRI (resonancia magnética en tiempo real), además de poder comparar toda esa información con la procedente del análisis acústico. Por otra parte, también queda pendiente una comparación específica de la producción castellano-euskara, no sólo de /s/, sino de todo el inventario común.

Referencias

- Almeida, M., & Pérez, C. (1991). Datos acústicos sobre las consonantes fricativas canarias. *Revista de Filología de la Universidad de La Laguna*, 10, 7–14.
- Alonso, A. (1923). Consonantes de timbre sibilante en el dialecto vasco baztanés. *III Congreso de Estudios Vascos* (pp. 57–64). Eusko Ikaskuntza - Sociedad de Estudios Vascos.
- Bickford, A. N., & Floyd, R. (2006). *Articulatory phonetics* (4ª ed). SIL International. (Original work published 1981)
- Birjandi, P., Salmani-Nodoushan, M.A. (2005). *An introduction to phonetics*. Zabankadesh Publications.
- Bresch, E., Riggs, D., Goldstein, L., Byrd, D., Lee, S., & Narayanan, S. (2008). An analysis of vocal tract shaping in English sibilant fricatives using real-time magnetic resonance imaging. In D. Burham (Ed.), *Proceedings of Interspeech 2008* (pp. 2823–2826). International Speech Communication Association. <https://doi.org/10.21437/Interspeech.2008-689>
- Canfield, D. L. (1962). *La pronunciación del español en América*. Instituto Caro y Cuervo.
- Chomsky, N., Halle, M. (1979). *Principios de fonología generativa*. Fundamentos. (Original work published 1968)
- Dart, S. N. (1991). Articulatory and acoustic properties of apical and laminal articulations. *UCLA Working Papers in Phonetics*, 79. <https://escholarship.org/uc/item/52f5v2x2>
- Fernández Planas, A. M. (2001). *Estudio electropalatógrafo de la coarticulación vocálica en estructuras VCV en castellano* [Doctoral dissertation, Universitat de Barcelona]. Tesis Doctorals en Xarxa. <http://hdl.handle.net/10803/2094>
- Fletcher, S. G., & Newman, D. G. (1991). [s] and [ʃ] as a function of linguopalatal contact place and sibilant groove width. *Journal of the Acoustical Society of America*, 89(2), 850–858. <https://doi.org/10.1121/1.1894646>
- García Arroyo, J. L., García Zapirain, M. B., Oleagordia, I., & Méndez, A. (2013). Marco de trabajo tecnológico para la realización de estudios de caracterización articulatoria sobre imágenes MRI. *Estudios de Fonética Experimental*, 22, 367–404. <https://raco.cat/index.php/EFE/article/view/275537>
- Grupo EHA (2024, July 1). La pronunciación andaluza. In *EHA: El español hablado en Andalucía*. Universidad de Sevilla. <https://grupo.us.es/ehandalucia/que-es-el-andaluz/03-la-pronunciacion-andaluza-ext.html>
- Hardcastle, W. J. (1974). Instrumental investigations of lingual activity during speech: A survey. *Phonetica*, 29, 129–57. <https://doi.org/10.1159/000259467>
- Hualde, J. I., Lujambio, O., & Zubiri, J. J. (2010). Goizueta Basque. *Journal of the International Phonetic Association*, 40(1), 113–127. <https://doi.org/10.1017/S0025100309990260>
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2014). Observaciones sobre la articulación de la lateral alveolar en euskera y castellano. In Y. Congosto Martín, M. L. Montero Curiel, & A. Salvador Plans (Eds.), *Fonética Experimental, Educación superior e investigación* (vol. 1, pp. 151–166). Arco/Libros.
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2019a). Caracterización articulatoria de las consonantes velares en euskera. In A. Etxebarria, A. Iglesias, H. Legarra, & A. Romero (Eds.), *Traineru bete lagun: Iñaki Gaminderen omenduz* (pp. 229–240). Euskal Herriko Unibertsitatea.
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2019b). La articulación de las consonantes velares en español. *Estudios de Fonética Experimental*, 28, 125–160. <https://revistes.ub.edu/index.php/experimentalphonetics/article/view/44048>
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2019c). Parameters of Tongue Shape of /n/ and /l/ in Basque. *Journal of the International Phonetic Association*, 49(2), 207–221. <https://doi.org/10.1017/S0025100318000051>
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2020). Caracterización articulatoria de las fricativas

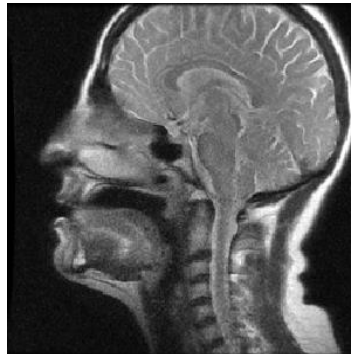
- sibilantes alveolares del euskera: primera parte. *Loquens*, 7(2), e073. <https://doi.org/10.3989/loquens.2020.e073>
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2022). Caracterización articulatoria de las fricativas sibilantes alveolares del euskera: segunda parte. *Loquens*, 9(1–2), e088. <https://doi.org/10.3989/loquens.2022.088>
- Iribar, A., Pagola, R. M., & Túrrez, I. (2024). Caracterización articulatoria de las sibilantes fricativas del euskera. In W. Elvira-García & P. Rossano (Eds.), *Avances metodológicos en fonética y prosodia* (pp. 133–143). Universidad Nacional de Educación a Distancia.
- Jurado Noriega, M. (2011). Caracterización de sibilantes fricativas vascas y su percepción en el sistema fonético español. *Anuario del Seminario de Filología Vasca Julio de Urquijo*, 45(1), 81–137. <https://doi.org/10.1387/asju.9727>
- Kochetov, A., & Colantoni, L. (2011). Coronal place contracts in Argentine and Cuban Spanish: An electropalatographic study. *Journal of the International Phonetic Association*, 41(3), 313–342. <http://doi.org/10.1017/S0025100311000338>
- Ladefoged, P., & Johnson, K. (2001). *A Course in phonetics* (6th ed.). Harcourt Jovanovich College Publishers.
- Ladefoged, P., & Maddieson, I. (1996). *The sounds of the world's languages*. Blackwell.
- Martínez Celdrán, E., & Fernández Planas, A. M. (2007). *Manual de fonética española*. Ariel.
- Narayanan, S. S., Alwan, A. A., & Haker, K. (1995). An articulatory study of fricative consonants using magnetic resonance imaging. *Journal of the Acoustical Society of America*, 98(3), 1325–1347. <https://doi.org/10.1121/1.413469>
- Navarro Tomás, T. (1923). Observaciones fonéticas sobre el vascuence de Guernica. *III Congreso de Estudios Vascos* (pp. 49–56). Eusko Ikaskuntza - Sociedad de Estudios Vascos.
- Navarro Tomás, T. (1989). *Manual de Pronunciación Española* (23 ed.). CSIC. (Original work published 1918)
- Navarro Tomás, T., Espinosa, A. M., & Rodríguez, C. (1933). La frontera del andaluz. *Revista de Filología Española*, 20, 225–277.
- Quilis, A. (1981). *Fonética acústica de la lengua española*. Gredos.
- Shadle, C., Berezina, M., Proctor, M. I., & Iskarous, K. (2008). Mechanical models of fricatives based on MRI-derived vocal tract shapes. In R. Sock, S. Fuchs, & Y. Laprie (Eds.), *Proceedings of ISSP 2008 - 8th International Seminar on Speech Production* (pp. 417–420). National Institute for Research in Digital Science and Technology.
- Shadle, C., Proctor, M. I., Iskarous, K., & Berezina-Greene, M. (2009). Revisiting the role of the sublingual cavity in the /s/-/ʃ/ distinction. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 125(4, Supplement), 2569. <https://doi.org/10.1121/1.4783735>
- Yarnoz, B. (2002). Descripción de las sibilantes mediante el parámetro ‘Tongue Shape’. *Euskalingua*, 1, 25–31.
- Yushkevich, P. A., Piven, J., Hazlett, H. C., Smith, R. G., Ho, S., Gee, J. C., & Gerig, G. (2006). User-guided 3D active contour segmentation of anatomical structures: Significantly improved efficiency and reliability. *Neuroimage*, 31(3), 1116–1128. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2006.01.015>

Anexo 1: Imágenes 2D

Se muestra a continuación una imagen representativa de cada articulación. En el caso del corpus CATESAEPRO (I06-I11), se muestra la imagen midsagital correspondiente.



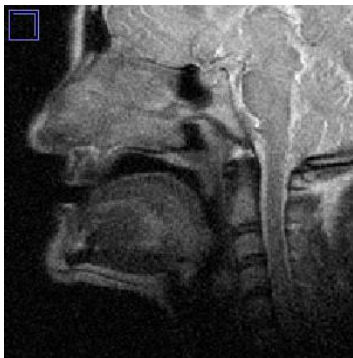
I01



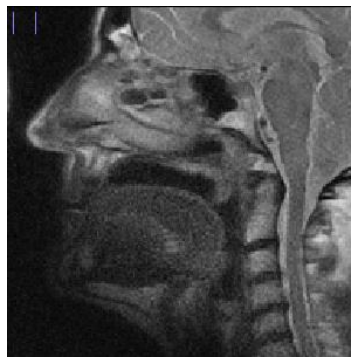
I02



I03



I04



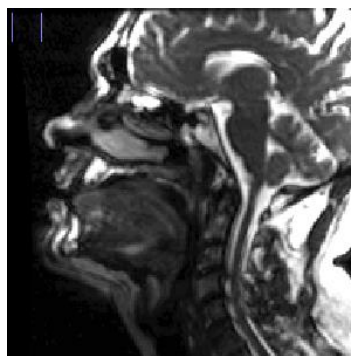
I05



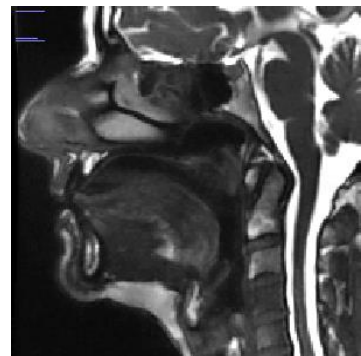
I06



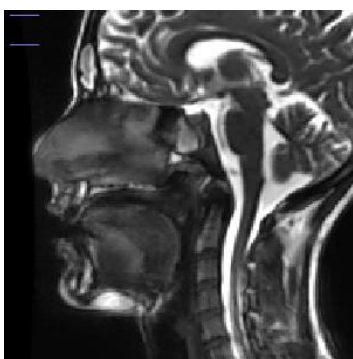
I07



I08



I09



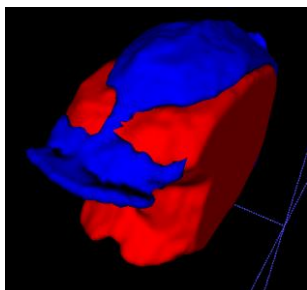
I10



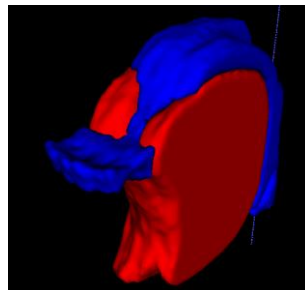
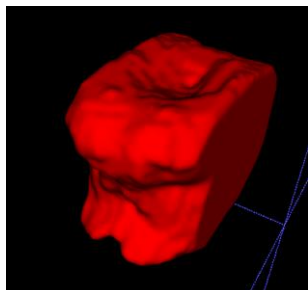
I11

Anexo 2: Reconstrucciones tridimensionales

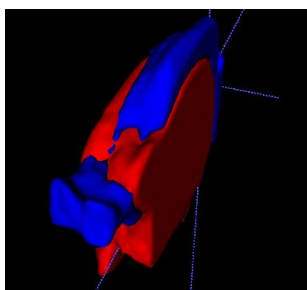
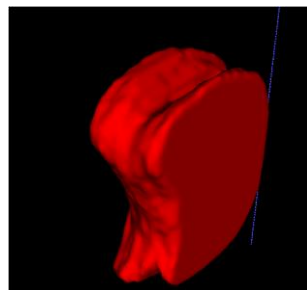
Se muestran dos imágenes por cada informante de la reconstrucción tridimensional obtenida a partir de las imágenes 3D del corpus CATESAEPRO. La izquierda corresponde a la reconstrucción de la lengua (en rojo) y la cavidad oral (en azul); a la derecha se repite la reconstrucción de la lengua, para que pueda apreciarse sin obstáculos su conformación.



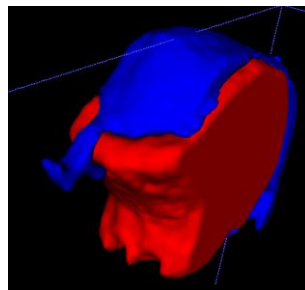
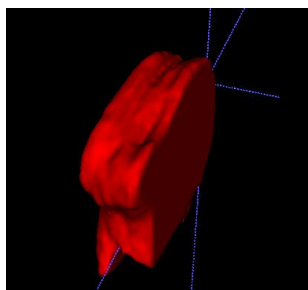
I06



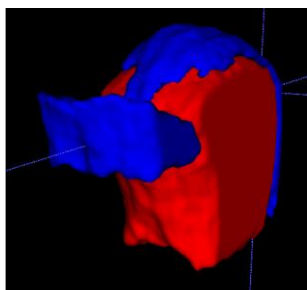
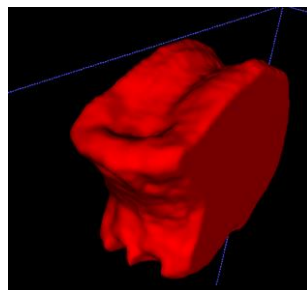
I07



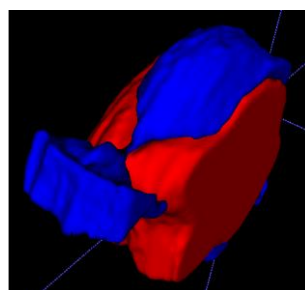
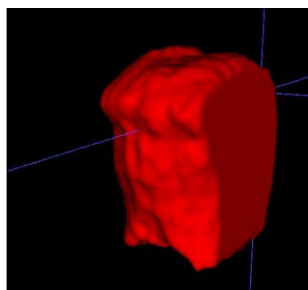
I08



I09



I10



I11

